

Kan utbredningen av syrefattiga bottnar påverka Hanöbukts ekosystemtjänster och dess värden?

– Vad kan göras för att motverka utbredningen?

Can the prevalence of hypoxic seabed affect the
ecosystem services and their values within the Hanö Bay?

– What can be done to counter the expansion?

Sebastian Södergren

Kan utbredningen av syrefattiga bottnar påverka Hanöbuktens ekosystemtjänster och dess värden? – Vad kan göras för att motverka utbredningen?

Can the prevalence of hypoxic seabed affect the ecosystem services and their values within the Hanö Bay? – What can be done to counter the expansion?

Sebastian Södergren

Handledare: Andreas Bryhn, Institutionen för akvatiska resurser

Btr handledare: Mikael Malmaeus, IVL Svenska Miljöinstitutet

Examinator: Ann-Britt Florin, Institutionen för akvatiska resurser

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Kandidatarbete miljövetenskap

Kurstitel: Självständigt arbete i miljövetenskap- kandidatarbete

Kurskod: EX0688

Program/utbildning: Biologi och miljövetenskap, miljövetarprogrammet

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2014

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Hanöbukten, syrefattiga bottnar, ekosystemtjänster, värdering, vattenpumpar

**Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences**

NJ-fakulteten
Institutionen för akvatiska resurser

Sammanfattning

Den ökande frekvensen av algbloomingar i Egentliga Östersjön har resulterat i ökad utbredning av syrefattiga bottenar. Detta har fått till följd att flera ekosystemtjänster i regionen Hanöbukten har påverkats negativt. Utbredning har medfört försämrade möjligheter för yrkesfiskarnas huvudfångst torsken (*Gadus morhua*) att reproducera sig, och befolkningens vilja att resa till drabbade områden minskar i takt med algbloomingarna vilket innebär mindre inkomster för turistnäringen. Undersökningar och beräkningar visar på att Sveriges befolkning är villiga att betala 7,5 miljarder SEK för att uppnå målen i Baltic Sea Action Plan, vilket innebär en motsvarande summa för Hanöbukten på 600 miljoner SEK. Flera alternativ av syresättning av djupvattnet har presenterats med syfte om att minska frekvensen återkommande algbloomingar och därigenom förbättra den ekologiska statusen för området. Resultaten visar att syresättningen kan medföra återkolonisering av tidigare syrefattiga bottenar vilket skulle kunna gynna ekosystemtjänsterna i Hanöbukten. Dock med temperaturförändringar som följd vilket kan leda till missgynnande förhållanden på lång sikt.

Nyckelord: Hanöbukten, syrefattiga bottenar, ekosystemtjänster, värdering, vattenpumpning

Abstract

The increasing prevalence of algal blooms in the Baltic Proper has resulted in an expansion of hypoxic seabed. This has resulted in that several ecosystem services within the region of Hanö Bay have been adversely affected. The expansion has brought less favourable reproduction opportunities for the cod (*Gadus morhua*), which is the main catch in commercial fishery in the area. Fewer people are willing to travel to areas that are affected by the algal bloom, which results in less revenue for the local tourism businesses. Studies and calculations show that the Swedish population is willing to pay 7.5 billion SEK to achieve the goals of the Baltic Sea Action Plan, which means an equivalent sum for the Hanö Bay amounting up to 600 million SEK. Several alternatives have been presented to counter the anoxic seabed including water-pumping devices from the surface of the sea down to the sea floor. By doing so the scientists are hoping to reduce the amount of algal bloom and at the same time enhance the ecological status in the region. The experiments indicated that the induced oxygen levels results in re-colonization of the seabed, which possibly can support the ecosystem services of Hanö Bay. However the pumping of water also resulted in an increased temperature that might lead to less favourable conditions in the future.

Keywords: Hanö Bay, hypoxic seabed, ecosystem services, valuation, water pumping

Innehållsförteckning

Introduktion	7
Bakgrund	7
Syfte	8
Material och metod	8
Problembeskrivning	8
Vad är en ekosystemtjänst (EST)?	11
Stödjande	11
Reglerande	11
Kulturella tjänster	11
Producerande	11
Vilka utvalda ekosystemtjänster ska belysas?	12
Stödjande	12
Producerande	12
Kulturella	13
Metoder för att värdera ekosystemtjänster	13
Stated preference (SP)	14
Revealed preference (RP)	14
Hur påverkas torsken av syreförhållandena i Hanöbukten?	14
Är ekologisk ingenjörskonst lösningen på de syrefattiga bottenarna?	16
Vågdriven syrepump	16
Vinddriven syrepump	18
Eldriven syrepump	18
Eventuell negativ miljöpåverkan av vattenpumpning	19
Kostnader	20
Beräknade värdeförändringar på EST vid ändrade vattenförhållanden	22
Tidigare genomförda rapporter och beräkningar	22
Market pricing	22
Stated preference	23
Revealed preference	26
Nya beräkningar av ekosystemtjänsternas värdeminskning	28
Market Pricing	28
Stated Preference	28
Revealed Preference	28
Diskussion	30
Stated Preference	30
Revealed Preference	31
Bedömning av värderingsmetoder	31
Total värdeminskning	32
Jämförelse med tidigare presenterat material	33
Vattenpumpning	33

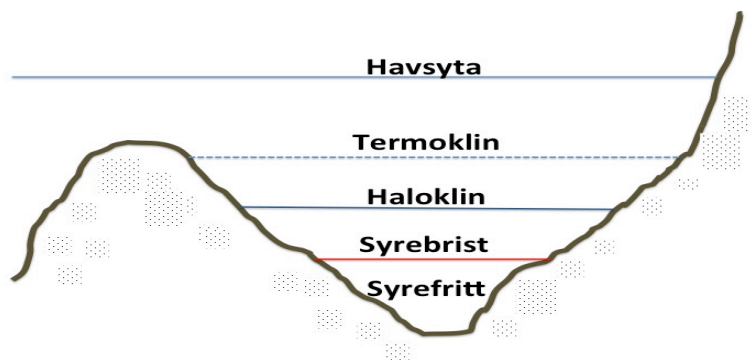
Slutsats	34
Tack	35
Referenser	35
Bilaga 1	37

Introduktion

Bakgrund

Östersjön är världens största brackvattenhav med en yta på 413 000 km², och förses med saltvatten från Kattegatt samt med sötvatten från nederbörd och vattendrag som mynnar ut i havet. Till Östersjön angränsar nio länder: Sverige, Finland, Tyskland, Polen, Estland, Lettland, Litauen, Danmark och Ryssland. Till avrinningsområdet räknas även delar av Tjeckien, Slovakien, Vitryssland och Ukraina inom vilket det lever mer än 85 miljoner människor (Havsmiljöinstitutet, 2013).

Den speciella vattensammansättningen med både salt och utsötad vattenmassa, s.k. brackvatten, har inte samma gynnsamma förutsättningar för hög biologisk mångfald som ett salt hav (Naturvårdsverket, 2012b). Med färre antal arter i ett ekosystem försämras resiliensen, förmågan att hantera och bibehålla ekosystemets grundläggande funktioner och struktur vid förändrade förutsättningar (Walker and Salt, 2006). Dessa kan antingen ha sitt ursprung från antropogen påverkan eller naturliga fluktuationer som sker över långa tidsperioder (Walker and Salt, 2006). Då det salta vattnet har en högre densitet jämfört med det utsötade ytvattnet skapas en skiktning i vattenmassan, så kallad haloklin. Ovanför haloklinen återfinns temperatursprångskiktet, s.k. termoklin, som delar upp vattenmassan med varmt ytvatten och kallare djupvatten, se figur 1.



Figur 1 Figuren visar en förenklad och principiell uppdelning av vattenmassorna med haloklin och temperaturskikt, s.k. termoklin, i Egentliga Östersjön.

Hanöbukten är lokaliserad i den sydöstra delen av Sverige och angränsar till Blekinge och Skåne. De havsangräsande kommunerna (Simrishamn, Kivik, Sölvesborg, Karlshamn, Ronneby, Åhus, Mörrum, Karlskrona) har en total befolkning på ca 159000 personer (SCB, 2014). Hanöbukten är en del av Egentliga Östersjön där denna del av Östersjön avgränsas vid Ålands hav i norr ner till de danska bälten och Öresund i söder. I anslutning till Hanöbukten ligger Bornholmsdjupet. En del av detta område tillhör det geografiska området för Hanöbukten, se figur 2. Bornholmsdjupet utgör idag det huvudsakliga lekområdet för torsk i regionen (BalticSea2020, 2013) då det har möjlighet att syresättas vid inträngande av saltvatten från Kattegatt (Havs- och vattenmyndigheten, 2012).

Syfte

Det huvudsakliga syftet med arbetet är att åskådliggöra monetära och ekologiska värden av utvalda ekosystemtjänster i regionen Hanöbukten. Vidare ska en redovisning ske av hur algbloomningar och utbredningen av syrefattiga bottenar påverkar ekosystemtjänsternas värden i Hanöbukten och Bornholmsdjupet. I arbetet kommer möjligheten till syresättning av djupvattnet tas upp samt en utvärdering av olika syresättningsmetoder tillsammans eventuell miljöpåverkan från sådana aktiviteter.

Material och metod

Arbetet kommer att baseras på tidigare undersökningar och studier. Dessa rapporter kommer att analyseras och summeras och ligga till grund för en syntes av olika infallsvinklar och beräkningar. Syntesarbetet kommer även kompletteras med intervjuer (Jobs, 2014; Larsson, 2014; Tschernij, 2014) från olika näringsidkare som på olika sätt drar nytta av Östersjöns ekosystemtjänster. Då tidigare presenterade resultat ofta har berört stora geografiska områden eller regioner medför detta att olika rumsskalor skall appliceras med lämpliga metoder vid beräkningarna.

Arbetet kommer utgå ifrån den definition av ekosystemtjänster som Naturvårdsverket (2012b) anger: *”Ekosystemens direkta och indirekta bidrag till människors välbefinnande”* samt för ekosystem som *”ett dynamiskt komplex av växt-, djur- och mikroorganismssamhällen och dess icke-levande miljö som interagerar som en funktionell enhet”*.

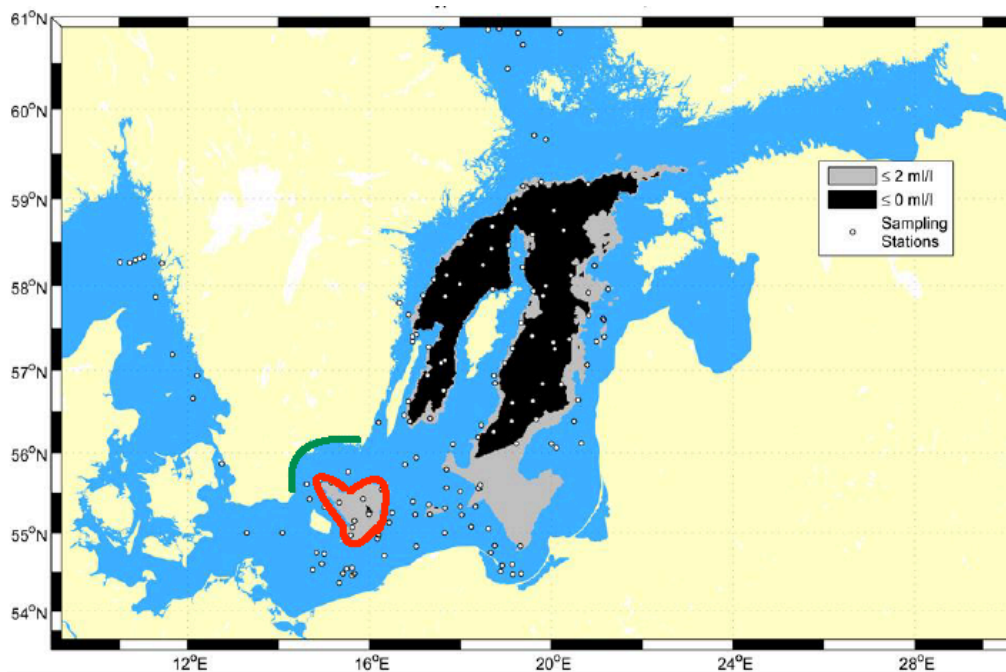
Inledningsvis kommer en kort introduktion ske av den bakomliggande problematiken med algbloomningar i Östersjön samt utbredningen av syrefattiga bottenar. Därefter följer en beskrivning av befintliga samt utvalda ekosystemtjänster (EST) och dess definitioner inom Hanöbukten och intilliggande Bornholmsdjupet. Den ekologiska aspekten av syreförhållandena i regionen kommer belysas genom hur torsk, då torsken är den huvudsakliga fångsten för yrkesfiskarna i området, påverkas av syreförhållanden samt vilken effekt en ökad torskpopulation skulle ha på näringsväven. För att illustrera möjligheterna till förbättrade syreförhållanden i djupvattnet samt reducering av algbloomningar kommer olika alternativ på lösningsförslag presenteras. Dels med resultat från projekten, dels kritik kring dess eventuellt negativa miljöpåverkan. Vidare följer en redovisning av redan presenterade värderingsresultat som berör Östersjön och Sveriges kuster. Olika alternativ av värderingsmetoder kommer sedan presenteras, samt vilken metod som berör vardera av de utvalda ekosystemtjänsterna vid dess värdering. Som resultat kommer en enkel sammanställning ske med beräkningar för hur olika monetära värden kan översättas till en skala anpassad för Hanöbuktens och Bornholmsdjupets ekosystemtjänster. Avslutningsvis sker en analys kring erhållna resultat, diskussion kring dessa samt rekommendationer för framtida arbete.

Problembeskrivning

Sedan 1900-talets början har det småskaliga jordbruket ersatts av ett kommersiellt och storskaligt jordbruk samtidigt som industrier och befolkningen har ökat. Detta

har medfört ett större användande av konstgödsel och utsläpp från reningsverk. Konstgödseln innehåller de två växtnäringssämnena kväve och fosfor som vid läckage till vattendrag och hav har en eutrofierande effekt. Denna effekt beror av att näringsämnena med tiden transporteras ut i havet och därmed blir tillgängliga för primärproduktion av växtplankton, bakterier och bentiska växter (Cain, Bowman & Hacker, 2008). En ytterligare faktor som förlänger problematiken med näringsämnena är att de med tiden sedimenteras i botten. Detta utgör därigenom en intern belastning för havet. Vid till exempel vågpåverkan, diffusion eller bioturbation kan sedimenten släppa ifrån sig näringsämnena ut i lösning igen vilket kan förstärka effekten ytterligare. Bland de växtplankton som gynnas av näringstillförseln finns cyanobakterier och kiselalger. När cyanobakterierna ökar i stort antal under sommarhalvåret uppstår så kallade algblomningar (Reece et al. 2011). När sedan växterna, algerna eller bakterierna dör faller de slutligen sakta ner, under haloklinen, till botten där det sker en nedbrytning.

Nedbrytning av biologiskt material innebär i regel en förbrukning av syre. Då det inte sker något större ombyte av vatten mellan det sötare ytvattnet och det saltare djupvattnet sker därmed inte heller någon kontinuerlig tillförsel av syre till djupvattnet (Östersjöportalen, 2014). Detta får till följd att syrefattiga eller syrefria bottenar uppstår i stora områden i Egentliga Östersjön.



Figur 2. Figuren visar de syrefattiga bottenarnas utbredning i Egentliga Östersjön. Grått fält indikerar syrehalt < 2ml/l och svart fält <0 ml/l. Med på kartan finns även Hanöbukten och Bornholmsdjupet utmärkt med grön respektive röd markering. Källa: SMHI, 2013. Bilden är återpublicerad med tillstånd.

Starkt bidragande till den eutrofierande effekten är torrdeposition och deponering genom nederbörd, men den huvudsakliga antropogena (männsliga) tillförseln kommer från jordbruket och kommunalt avlopp. År 2006 uppgick det totala tillskottet av näringsämnena via vattendrag till 638 000 ton kväve och 28 400 ton fosfor till recipienten Östersjön. 5 % av kvävet respektive 8 % av fosfor släpptes

direkt ut i Östersjön utan att ha gått via ett reningsverk, medan resterande mängd har sitt ursprung från avrinning (HELCOM, 2011). Det bör dock tilläggas att reningseffektiviteten varierar stort mellan länder och inom reningsverken. Vissa länder verkar för att ha en reningsverkan på nästan 100 % medan andra enbart lyckas föra bort 30 % av näringsämnena från det inkommande vattnet (Hautakangas et al., 2013).

Ytterligare en anledning till de bristfälliga syreförhållanden som råder i Egentliga Östersjön beror av att saltvattenstillförseln från Atlanten styrs av meteorologiska förhållanden. Vattnet måste även passera över grunda trösklar längs Danmarks kust och detta medför att tillförseln av nytt syrerikt havsvatten fluktuerar oregelbundet (Conley et al. 2013).

De flesta former av ekosystem kan på något sätt leverera en tjänst till människan, en så kallad ekosystemtjänst. Antingen direkt i form av en produkt, indirekt med något som förknippas med vårt välmående eller som stöd för andra ekosystemtjänster. I Hanöbukten och Bornholmsdjupet kan flera sådana ekosystemtjänster återfinnas, däribland fiske med handredskap och nät, bad och rekreation samt turism.

Det som alla ekosystemtjänster, relaterade till havet i regionen, har gemensamt är beroendet av ett välfungerande hav. På grund av de omfattande algbloomningar som har uppstått och med dem uppkomst och utbredning av syrefattiga bottnar har flera av ekosystemtjänsterna kommit att påverkas runtom i Östersjön och Hanöbukten.

För att motverka de anoxiska (syrefattiga) förhållandena som råder i flera områden har olika lösningsförslag presenterats (Stigebrandt & Gustafsson, 2007; SYKE, 2011; Baresel et al. 2013). De olika förslagen visar på metoder för hur syrerikt ytvatten ska kunna föras ner till djupvattnet, och därigenom binda in fosfor i sedimenten och slutligen reducera uppkomsten av algbloomningar. Syretillförseln är därigenom tänkt att komplettera reningen av avloppsvatten och utsläppsminskningar och förbättra syresituationen vid bottnen.

De sexton miljö kvalitetsmålen (Naturvårdsverket, 2012a) för Sverige, fastställda av den svenska riksdagen år 1999, i syfte att lyfta upp den miljömässiga aspekten i hållbar utveckling knyter an till detta. Bland dessa ingår "Hav i balans samt levande kust och skärgård". I detta miljömål beskrivs (Naturvårdsverket, 2012a, s.18) hur Västerhavet och Östersjön ska ha *"en långsiktigt hållbar produktionsförmåga och den biologiska mångfalden ska bevaras. Kust och skärgård ska ha en hög grad av biologisk mångfald, upplevelsevärden samt natur- och kulturvärden. Näringar, rekreation och annat nyttjande av hav, kust och skärgård ska bedrivas så att en hållbar utveckling främjas. Särskilt värdefulla områden ska skyddas mot ingrepp och andra störningar."*

Nära kopplat till detta mål finns miljömålet *Ingen övergödning*. I preciseringen av detta fastslog Naturvårdsverket (2012a) att Sveriges bidrag av eutrofierande ämnen till omgivande hav underskrider de gränser som har antagits av HELCOM (2007). Däremot meddelar HELCOM (2007) att Östersjön i stort för närvarande har en så pass hög koncentration av eutrofierande ämnen i vattenpelaren att det inte är ekologiskt hållbart. Detta indikerar att andra länder inom avrinningsområdet bidrar

i större utsträckning till de utbredande syrefattiga bottenarna längs Hanöbukten än Sverige. Men på grund av cirkulationen i havet påverkas vattnet utanför Sveriges kust av andra länders utsläpp.

Vad är en ekosystemtjänst (EST)?

Beroende på rums- och tidsskala kan ekosystemtjänsterna betraktas på olika sätt och brukar då kategoriseras efter direkta/ slutliga eller indirekta/ intermediära ekosystemtjänster. De direkta ekosystemtjänsterna är de som vi snabbt kan sätta ett monetärt värde på, såsom fiskfångster, medan de intermediära EST snarare skapar förutsättningar för att övriga EST ska vara funktionella (Naturvårdsverket, 2012b). Ett exempel på indirekta ekosystemtjänster är näringscykler som genererar näringstillförsel till havet. Detta i sin tur skapar möjlighet till liv i havet, och därmed flera nivåer i näringsväven, s.k. trofinivåer, av vilka vi slutligen utnyttjar i form av fiskfångst. De utvalda ekosystemtjänster som finns att utnyttja samt är projekterade i området ska i arbetet kategoriseras utifrån kriterierna:

Stödjande

De essentiella tjänster som alla de andra stödjer sig emot. Exempel på detta är vatten- och näringscykler både på global och lokal skala.

Reglerande

Typer av ekosystemtjänster som är mer preciserade och tjänar ett syfte på ett närmare och mer visuellt vis. Typiska exempel på reglerande tjänster är reningen av luft och vatten, men även pollineringen som utförs av insekter, fåglar och däggdjur.

Kulturella tjänster

Det är de typer av tjänster som vi kan på ett emotionellt sätt knyta an till, och därigenom kan ge oss en känsla av tillhörighet eller välmående. Exempel på dessa är därigenom mer subjektiva, men många människor kan nog uppleva en vacker utsikt över havet eller lyckad fisketur som något känslomässigt stärkande. Alternativt kan man klassa de kulturella tjänsterna som de upplevelsebaserade tjänsterna som har möjlighet till att stärka människans välbefinnande.

Producerande

Dessa ekosystemtjänster är de som vi synligt och dagligen stöter på i vår vardag i form av livsmedel (Naturvårdsverket, 2012b).

Tabell 1. Tabellen visar ett urval av ekosystemtjänster som Hanöbukten producerar. Källa: Modifierat från Havs- och vattenmyndigheten, 2013.

Sektion	Indelning	Grupp	Återfinns i region Hanöbukten
Försörjande-producerande	Livsmedel	Livsmedel från havet	Fiske, yrkesfiske och fritidsfiske Biogasproduktion*
	Material	Råmaterial	Foder, vass
	Energi	Mekanisk energi-vind, våg och vattenkraft	Möjliggör syrepumpning* Vindkraft*

Reglerande- stödjande	Reglering av miljögifter och avfall	Nedbrytning	Ekosystem
	Reglering av fysiska, kemiska och biologiska flöden	Global, regional och lokal reglering	Övergödning, syrebrist, primärproduktion
Kulturella	Fysisk och intellektuell interaktion med ekosystem och landskap	Fysisk upplevelse, natur och friluftsliv	Turism, sportfiske, bad och rekreation
	Andlig och symbolisk interaktion med ekosystem och landskap	Estetiska värden, landskapskaraktär	Natur och kulturarv

*Definition angiven av författare. Bilden är återpublicerad med tillstånd.

Vilka utvalda ekosystemtjänster ska belysas?

På grund av detta arbetes omfattning kommer enbart ett fåtal av ekosystemtjänsterna som anges i tabell 1 analyseras samt kompletteras med ytterligare potentiella ekosystemtjänster.

Stödjande

Då Egentliga Östersjön utgör den huvudsakliga källan för ekosystemtjänsterna som tas upp i detta arbete, kommer eutrofieringen av Egentliga Östersjön, dess algbloomingar samt syrefria bottenar belysas. Detta för att visa på värdet av en väl fungerande indirekt ekosystemtjänst.

Producerande

Småskaligt yrkesfiske: Antalet registrerade yrkesfiskare från Sölvesborg, Kristianstad, Simrishamn och Ystad uppgick år 2013 till 60 stycken där merparten utgår från Simrishamn och Sölvesborg. Den typ av fiske som dessa båtar används till är huvudsakligen ett så kallat småskaligt yrkesfiske. Detta medför mindre båtar och mindre effektiva fångstmetoder än de som används vid storskaligt fiske (intervju, Tschernij, V. 2014). Den huvudsakliga fångsten för yrkesfiskarna i Hanöbukten har under lång tid utgjorts av ål och torsk, men övergått till att nästan uteslutande baseras på torskfiske.

Yrkesfisket kan även räknas in som en del av de kulturella ekosystemtjänsterna då många samhällen tidigare har byggts upp kring just yrkesfisket och därigenom är en del av vårt kulturarv (Naturvårdsverket, 2012b). Men i det här arbetet kommer yrkesfisket främst att framställas som en del av de producerande EST i form av fångst av fisk och dess försäljningsvärde, samt redovisas med beräkningar för de specificerade geografiska områdena Hanöbukten och Bornholmsdjupet.

Biogasframställning: Genom att ta tillvara på restprodukter från, i detta fall förädlingen av fiskfångster samt avloppsslam, kan energiförlusterna i form av energiomvandlingar minskas. Dessutom tas en tidigare avfallsprodukt till vara, och därigenom produceras ett drivmedel som huvudsakligen yrkesfiskare ska kunna ta del av.

Kulturella

Bad och rekreation: Enligt BalticSTERN-rapporten (2013) tillbringar 80 % av befolkning som bor i länder med direkt anslutning till Östersjön en viss del av sin fritid vid havet. Detta ger en indikation på att de kulturella ekosystemtjänsterna i form av till exempel bad och rekreation har ett stort potentiellt ekonomiskt men även socialt värde.

Turismen i Hanöbukten har sin höjdpunkt under sommarhalvåret, där dagsbesöken står för en betydande del av inkomsterna med 31 % i Blekinge (Resurs AB, 2012a). För de dagsbesökande turisterna anges bad och rekreation som det främsta ändamålet med besöket. Denna kategori av ekosystemtjänster och dess värde kommer att analyseras med hjälp av två olika värderingsmetoder som återkommer längre fram i arbetet samt faktiskt omsättning.

Sportfiske: För att illustrera hur värdefullt ett välfungerande hav kan vara för denna typ av ekosystemtjänst har en intervju genomförts med guideföretaget FishYourDream på Gotland. Detta för att visa på att denna typ av turism har en stor potential att bidra med intäkter till de kommuner de är verksamma i. Sportfisketurismen kopplas i denna sammanställning till begreppet Willingness To Pay, WTP, vilket beskrivs i nästkommande avsnitt, med en tanke av personer som utnyttjar ekosystemtjänsterna i denna form har en vilja att betala en viss summa pengar i utbyte att få tillgodose sig av själva tjänsten (Farber et al., 2002). Skälet till att detta företag valdes ut för arbetet beror av deras verksamhet baseras på samma förutsättningar som återfinns i Hanöbukten samt bristande intresse från liknande aktörer i Hanöbukten.

Metoder för att värdera ekosystemtjänster

Inledningsvis måste man skilja på vad som är ett direkt marknadsvärde/ användarvärde, och vad som är ett icke- marknadsvärde/ icke- användarvärde. Det direkta marknadsvärdet är kopplingen mellan människans behov och vad ekosystemen kan producera, så kallade producerande ekosystemtjänster. Ett icke-marknadsvärde är i motsats till föregående exempel angivet som en mänsklig värdering på en tjänst, vara eller ett ekosystem. Detta utifrån vetenskapen om att man har en möjlighet att utnyttja ekosystemtjänsten eller att den alltid kommer finnas närvarande. I de icke- marknadsvärderelaterade värderingarna inkluderas även människans känsla av välbefinnande utifrån vetenskapen om att framtida generationer ska komma att få utnyttja samma resurs. Vid en addition av dessa två olika värderingstyper får man då slutligen det egentliga värdet av en ekosystemtjänst, det totala ekonomiska värdet (total economic value, TEV) (Naturvårdsverket, 2012b).

För att kunna värdera direkta marknadsvärden av ekosystemtjänster kan man använda sig av *market pricing*- metoden. Med hjälp av denna metod åskådliggörs värdet på t.ex. fiskfångster förändras beroende på vattenförhållanden. (Spangenberg & Settele, 2010)

Det finns inom den ekologiska ekonomin främst två typer av metoder, *Revealed preference* (RP) och *Stated preference* (SP), för att värdera ekosystemtjänsters icke-marknadsvärde, alltså värden som inte är direkt kopplade till t.ex. ett

försäljningsvärde av fisk (Spangenberg & Settele, 2010).

Stated preference (SP)

SP-värderingar är till skillnad från RP-metoderna baserade på hypotetiska marknader. Genom att genomföra enkät- och intervjuundersökningar med vanligtvis stora grupper av personer (respondenter) kan ett hypotetiskt monetärt värde redovisas. Fördelen med stora respondentgrupper är möjligheten att flera typer av användarintressen inkluderas i svaren. Därigenom kan en överslagsberäkning göras för hela landets/regionens population som delar samma intresse.

Två av de metoder som används för SP-värderingar undersöker respondenters vilja att betala för att kunna använda sig av en viss typ av ekosystemtjänst, *Willingness to pay* (WTP) eller deras vilja att acceptera, *Willingness to accept* (WTA) att en eller flera ekosystemtjänster inte längre finns att bruka (Pouta et al., 2002).

Revealed preference (RP)

RP innebär att beräkningar genomförs över hur verkliga marknadspriser eller omsättningen inom en marknad, t.ex. badturismen, förändras beroende på beteenden hos potentiella besökare eller användare. Det finns flera metoder för att analysera denna värdetförändring, däribland (I) *hedonic pricing* som åskådliggör hur marknadspriset för t.ex. en sjötomt förändras med försämrade möjligheter till bad på grund av sämre vattenkvalitet.

(II) *Travel cost*, (TC)-metoden illustrerar viljan att spendera pengar för att kunna tillgodose sig av ekosystemtjänstens värde. Kostnaden för att genomföra resan kan därmed ses som ett indirekt värde av ekosystemtjänsten (de Groot et al., 2002; Spangenberg & Settele, 2010).

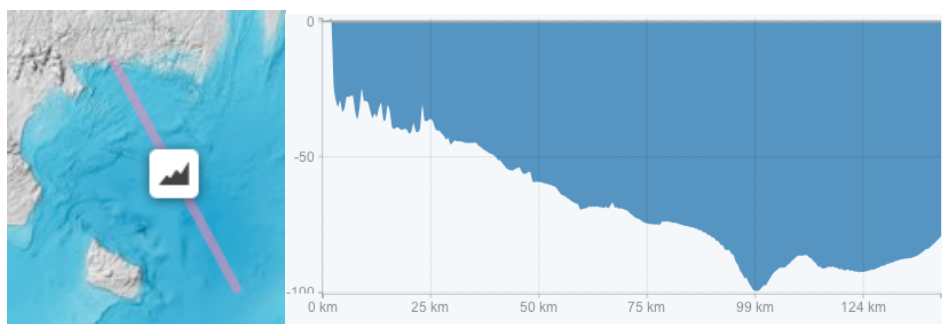
I den här studien kommer WTP och TC att användas vid beräkningar gällande indirekta marknadsvärdens värdetförändring i samband med förändrad vattenkvalitet i Hanöbukten. Detta för att ge en indikation på hur stora de ekonomiska förlusterna skulle vara samt hur stort användarintresse som finns av Hanöbuktens ekosystemtjänster.

Hur påverkas torskens av syreförhållandena i Hanöbukten?

Den huvudsakliga fångsten för de småskaliga yrkesfiskarna i Hanöbukten utgörs i dagsläget av torsk, och är därigenom den största inkomstkällan för dessa. Torsk förekommer vanligen på djup mellan 40-70 meter, men kan även förekomma på djup ner till 600 meter (Hinrichsen et al., 2011). Deras rom och dess överlevnad är starkt sammankopplade med salt- samt syrehalten i vattnet. Laboratorieexperiment har visat att vuxna torskar föredrar syrehalter över 2,4 ml/l (Tomkiewicz et al., 1998) då fiskar som utsätts för längre syrehalter uppvisar symptom på fysisk stress. Vid försök i Bornholmsdjupet med hjälp av ekolod och trål kunde man konstatera att 90 % av fångsterna fångades i områden med en syrgashalt mellan 3,9 och 7,2 ml/l, med de största fångsterna mellan 3,9 och 5,2 ml/l (Tomkiewicz et al., 1998). Vidare konstaterade ICES (2006) att syreförhållandena i Bornholmsdjupet inte är gynnsamma för torskens reproduktion. Däremot kunde Tomkiewicz et al. (1998)

inte påvisa att låg salinitet hade samma inverkan på torsken, men vid ökad syrehalt påvisades kumulativa effekter mellan dessa två faktorer.

Vidare beskrev Hinrichsen et al. (2011) hur stor inverkan de adulta fiskarnas storlek hade på äggens flytförmåga. Ju större honan var desto högre fetthalt hade äggen vilket gav dem en förbättrad flytförmåga. Detta sammankopplas med salthalten i vattenpelaren: det utsötade vattenlagret har 7 promille (kg/m^3 , psu) och det saltare djupvattnet varierar mellan 11-17 psu. Med en högre salthalt ökar flytförmågan, vilket medför att ägg och yngel förvisas till djupvattenområdena, > 50 meter. Detta får då till följd att torskens ägg ska komma att utvecklas i det syrefattiga djup-vattnet och eventuellt orsaka stora problem för torskäggs samt juvenila fiskars överlevnad.



Figur 3. Figurerna visar djupprofilen för Hanöbukten t.h., samt utvald sträckning t.v. Källa: Baltic Sea Bathymetry Database version 0.9.3, 2014-04-23. Bilden är återpublicerad med tillstånd.

Inom Hanöbukten befinner sig haloklinen mellan 50-60 meter beroende på olika naturliga faktorer, t.ex. vind (Havs- och vattenmyndigheten, 2011; Thell et al., 2012). Via *Baltic Sea Bathymetry Database* har en djupprofil tagits fram i syfte att visa på de rådande djupförhållandena i Hanöbukten. Profilbilden visar tydligt hur djupet ökar efter 50 km från kusten från 50 meters djup ner till ca 100 meters djup (Figur 3). Sträckningen är medvetet dragen genom det område som enligt Figur 2 utgör ett område där syrgashalten inte överstiger $2 \text{ ml O}_2/\text{l}$ och klassas därför som område med akut syrebrist (SMHI, 2013).

Det finns fler variabler än syrehalten som påverkar mängden torsk och dess rekrytering i Hanöbukten. I en sammanställning utförd av Heikinheimo (2011) drogs parallellerna mellan torsken och dess ursprungliga byte upp. Man konstaterade att det finns en stor dynamik och korrelation mellan mängden torsk, skarpsill (*Sprattus sprattus balticus*) och växtplankton i Östersjön samt längs Sveriges västkust. Inledningsvis fastställde Heikinheimo (2011) att ett misskött förvaltande av fiskbestånden i form av för stora uttag under 1980-talet var en bidragande faktor till minskat torskbestånd. Detta i kombination med låg rekrytering av torsk, samtidigt som det inföll en gynnsam period för skarpsill som befinner sig längre ner i trofinivåerna, öppnades upp för en trofisk kaskad. Skarpsillen kunde i större utsträckning börja äta såväl torskägg som zooplankton, vilket gynnade växtplankton och därmed algbloomingarna i hög grad.

Vidare konstaterade Heikinheimo (2011) att där torsken har försvunnit har även kustlevande predatorer minskat drastiskt i antal. Detta beror troligen på att storspigg (*Gasterosteus aculeatus*) har gynnats av minskat torskbestånd och

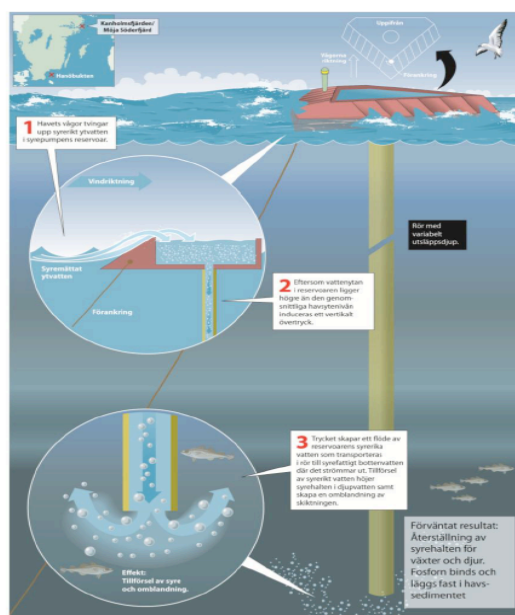
därigenom kunnat konkurrera ut gäddans (*Esox lucius*) och abborrens (*Perca fluviatilis*) yngel längs kusterna. För där dessa rovfiskar fortfarande är närvarande råder algproblematik enbart hos 10 % (Heikinheimo, 2011) av de undersökta lokalerna vilket stärker teorin om att frånvaron av torsk ute till havs påverkar hela det marina ekosystemet ända in till kustlinjerna.

Är ekologisk ingenjörskonst lösningen på de syrefattiga bottenarna?

Som alla komplexa problem finns det många olika lösningar, så även i det här fallet, varav några av dessa ekologiska ingenjörslösningar presenteras nedan. I sammanhanget ska uttrycket *ekologisk ingenjörskonst* betraktas som tekniska lösningar på miljörelaterade problem. Stigebrandt och Gustafsson (2007) belyste i sin rapport den ökade acceptansen hos den allmänna befolkningen kring Egentliga Östersjön för investeringar och ekologiska ingenjörslösningar som ska råda bukt på utbredningen av syrefria bottenar.

Vågdriven syrepump

IVL Svenska Miljöinstitutet har presenterat en projektserie kallad WEBAP, vilket är en vågdriven syrepump (Baresel et al. 2013) för Östersjön. Genom detta möjliggörs pumpning av syrerikt ytvatten till de syrefattiga bottenvattnen på mekanisk väg. Den vågdrivna syrepumpen som bara är avsedd för utomskärsbruk, tar in syrerikt vatten från ytan i det överliggande utsötade vattenlagret med hjälp av vågorna som sköljer över modulens kanter. Därefter skapas ett övertryck i modulens inbyggda reservoar vilket pressar ner ytvattnet ner genom röret, genom haloklinen, ner till det syrefattiga djupvattenlagret (Figur 4).



Figur 4. Schematisk bild som förklarar principen för vågdriven WEBAP-pump. Vågorna går över modulens kant och vidare genom röret ner till djupvattnet på grund av gravitationens påverkan. Källa: Baresel et al. 2013. Figuren är återpublicerad med tillstånd.

Ett pilotprojekt har varit under konstruktion och drift mellan 2010 och 2013 i bland annat Hanöbukten. Detta i syfte att studera hur stor inverkan den tekniska

lösningen har för syreförhållandena i området. WEBAP-projektet är ett samarbete mellan IVL, KTH m.fl.

I Egentliga Östersjön är den största andelen fosfor löst i vattenmassan och bidrar där till blommande alger under sommarhalvåret och slutligen till syrefattiga eller syrefria förhållanden vid havsbotten. Detta skiljer sig markant från Bottenhavet som har en mycket högre syrehalt, och därmed har fosfor i högre grad bildat komplex med bland annat metalljoner och bundits till partiklar och sedimenten.

Beräkningar har gjorts om hur mycket aktivt fosfor Egentliga Östersjöns botten slam innehåller samt hur mycket mer fosfor som sedimenten skulle kunna binda in under syrerikare förhållanden. Med stöd av provtagningar har ett antagande gjorts att Egentliga Östersjöns sediment skulle ha samma bindningsförmåga som Bottenhavets sediment.

Resultaten visar att mängden fosfor skulle kunna reduceras med ca 100 000 ton i Egentliga Östersjön under förutsättningen att syre tillförs till djupvattnet. Detta skulle innebära en sänkning med ca 30 µg/ liter, motsvarande ca 30 % från nuvarande halter. Som

återkoppling mot Bottenhavet skulle detta innebära att även Egentliga Östersjön skulle vara nära att uppnå miljö kvalitetsmålet för ingen övergödning vintertid (Baresel et al., 2013). Dock anges det inte vilka mängder syre som behöver tillföras för att binda in denna mängd fosfor i sedimenten.

Pilotanläggningen i Hanöbukten presenterade inte tillförlitliga resultat gällande pumpkapaciteten. Istället har teoretiska beräkningar genomförts baserat på de mindre pumpprojekten i kombination med våg- och havsströmsdata från SMHI (Baresel et al., 2013). I dessa beräkningar kommer Baresel et al. (2013) fram till att en pump skulle kunna föra ner 50 miljoner m³ syrerikt vatten per år med en anläggning likt den pilotanläggning som testats i Hanöbukten.

Dessa siffror kan därefter jämföras med de estimerade värden som presenterades av Stigebrandt och Gustafsson (2007), där de med stöd av beräkningar kom fram till att 10 000 m³/s syrerikt vatten bör tillföras till djupvattnet för att ha syresättande effekt. Då WEBAP I har en teoretisk pumpkapacitet på ca 1.6 – 3.2 m³/s skulle krävas ca 3200 – 6300 st. WEBAP I- aggregat för att ha en tillräckligt syresättande effekt i Egentliga Östersjön.

Vid en uppskalning av projektet har det gjorts liknande analyser för Gotlandsdjupet med en WEBAP-park innehållande 40 syrgaspumpar. Beräkningarna beslöts utgå från att detta antal pumpar skulle ha en gemensam pumpkapacitet på 1000 m³/ s, vilket resulterade i att det skulle ta 35 år för att erhålla utspädningsförhållandet 1:5 mellan yt- och djupvatten vilket motsvarar 2 mg O₂/ l.

Baresel et al. (2013) poängterar även i sin redovisning att det kommer åtgå syre vid nedbrytningen av befintligt organiskt material nere vid botten vilket kommer minska effekten av syretillförseln. Tillförseln med 40 aggregat kommer inte tillföra lika mycket som det åtgår. Man konstaterar därmed att det krävs större pumpkapacitet för att uppnå önskade resultat.

Vinddriven syrepump

I Stigebrandt och Gustafsson (2007) presenterade alternativa lösningar till den som Baresel et al. (2013) presenterade i sin rapport. Där bland en med syftet att pumpa ner syrerikt ytvatten genom haloklinen ner till djupvattnet med hjälp av vindkraft.

Genom att använda kraften från vind undersökte de möjligheterna till att låta vindkraftverk i kombination med inbyggda pumpar trycka ner ytvattnet, och därigenom förbättra förutsättningarna för det marina livet. Med stöd av beräkningar ansåg de att 10 000 m³ syrerikt vatten/s motsvarande 100 kg O₂/s behöver pumpas ner för att hålla Egentliga Östersjöns djupvatten syrerikt.

För att detta skall vara möjligt krävs vindkraftverk, med en effektivitet på 65 %, som kan generera 60 MW. Vidare fördes ett resonemang gällande kostnader där författarna konstaterade att ett 0,6 MW vindkraftverk skulle vara det mest kostnadseffektiva. Detta på grund av ett motsvarande med generatorkraft 2 MW inklusive förankring i botten skulle kosta 2 miljoner SEK. Dock nämndes inte vilken pumpeffekt ett 0,6 MW vindkraftverk har för pumpeffekt eller kostnad.

Avslutningsvis diskuterades eventuella problem som skulle kunna uppstå vid försök av införande av ett liknande system. Slutsatsen var att den huvudsakliga problematiken är den tekniska utvecklingen av vindkraftverk i kombination med syrepumpen samt

förankringen i botten. Ett av de problem som vindkraftsutvecklingen arbetar med är hur verken ska kunna klara av driftsäkerheten vid höga vindhastigheter. Enligt Centrum för Vindbruk (2004) måste vindkraftsstationerna stoppas vid vindhastigheter som uppgår till ca 25 m/s, då vindens kraft annars riskerar att blåsa ned eller förstöra komponenter i drivhuset.

Eldriven syrepump

Flera liknande projekt med pumpning av ytvatten med hjälp av eldrivna pumpar har presenterats de senaste åren, bland annat av IVL Svenska Miljöinstitutet (Baresel et al. 2013) SYKE, Finlands Miljöcentral (2011) och Stigebrandt et al. (2013). Mellan år 2010 och 2011 genomförde SYKE (2011) en pilotstudie i Finska viken samt i Stockholms skärgård. De konstaterade efter genomförda undersökningar att resultaten av syresättningen var starkt beroende av vilka naturliga strömningsförhållanden samt djup som rådde i området.

I resultaten beskrev SYKE, Finlands Miljöcentral (2011) hur effekten varierade stort mellan de två lokalerna. Lokalen i Stockholms skärgård bibehöll en förbättrad syrehalt i ett par veckor efter avslutad pumpning med minskad fosforhalt som följd. De kunde även konstatera att de naturliga strömmarna förde med sig det syrerika vattnet till andra syrefria områden. Dock steg temperaturen på grund av vattenpumpningen vid botten som hade till följd att ytterligare syre förbrukades. I Finska viken förbättrades botten-förhållandena enbart så länge som pumpningen fortgick. Detta förklarades med att pumpkapaciteten i förhållande till områdets yta var lägre i den finska provtagningsstationen.

I studien Stigebrandt et al. (2013) genomfördes motsvarande undersökningar i Byfjorden, Sverige, samt den intilliggande Havsstensfjorden. Projektet är en del av BOX- projektet (Baltic deepwater oxygenation). Syfte var att undersöka långtidseffekter av syresättning i Byfjordens djupvatten, samt vilket påverkan detta får på Havsstensfjorden biokemiska status. Efter avslutade experiment konstaterade Stigebrandt et. al. (2013) flertalet förändringar, både i artsammansättning, biomassa och minskad fosforhalt (20 %) i Byfjorden. Mängden bakterier som var anpassade till syrefattiga förhållanden minskade samtidigt som den skedde en återkolonisering av bentiska växter i de tidigare anoxiska områdena. Detta ansåg vara en följd av den syresättning som skedde i Byfjorden. Vidare konstaterade man ökade fiskfångster hos yrkesfiskarna i området vilket ansågs vara resultatet av den fördubblade syrehalten i djupvattnet. På grund av omblandningen av den utsötade, varmare ytvattnet och den saltare vattenmassan kunde det konstateras att temperaturen steg i djupvattnet samt att haloklinen sjönk närmare botten.

Eventuell negativ miljöpåverkan av vattenpumpning

Stark kritik har riktats mot idékonceptet att föra ner syrerikt ytvatten till djupvatten (Conley 2012; Conley et al., 2013) I Conley et al. (2013) tas det faktum upp att de syrefattiga bottenarna styr sammansättningen av bottenfauna, och därmed måste det göras något åt problematiken. Däremot ansåg inte författarna att det finns några skäl till att lägga resurser på att försöka syresätta bottenarna på det sätt som IVL m.fl. har presenterat, utan istället bör all fokus riktas på att minska läckaget av näringsämnen till Östersjön. Det påpekas även i Conley et al. (2013) att förändrade klimatförhållanden har en negativ inverkan på syreförhållandena i Östersjön, där varmare temperaturer ökar syrekonsumtionen i havet.

I Conley (2012) påpekas risken med att syresättningen av djupvattnet skulle röra upp bottensedimenten och därigenom frigöra skadliga ämnen, så som DDT och polyklorerade bifenyler. Vidare ansåg Conley (2012) att pumpningen av vattenmassor skulle kunna medföra rubbning av den naturliga stratifieringen mellan vattenmassorna. Därigenom kan levnadsförhållandena för bland annat fiskar komma att ändras. Han menade även att omblandningen skulle medföra en allvarlig temperaturhöjning i djupvattnet som kan gynna skadliga algbloomningar då ammonium blir lösligt i vattenmassan. Temperatur-förändringen styrks av SYKE (2011) och Stigebrandt et al. (2013).

Det poängterades även i denna artikel om vikten av att lägga alla tillgängliga resurser på att komma åt källan till problemet, näringsläckaget från omkringliggande länder. Detta istället för att satsa på en enligt Conley (2012) potentiellt miljöfarlig ingenjörslösning. Flera orsaker varför syresättningen skulle vara farlig för miljön anges, däribland att syresättningen skulle gynna vissa arter av bottengrävande maskar som genom sitt grävande kan frigöra sedimenterade miljögifter. Conley (2012) menar även att tillförseln av syrerikt vatten i djupvattnet skulle potentiellt kunna störa reproduktionen för vissa fiskarter då det sker en omblandning av olika vattenmassor. Slutligen påpekar han att det skulle vara mer kostnadseffektivt att avsätta pengar till förbättrad reningsteknik.

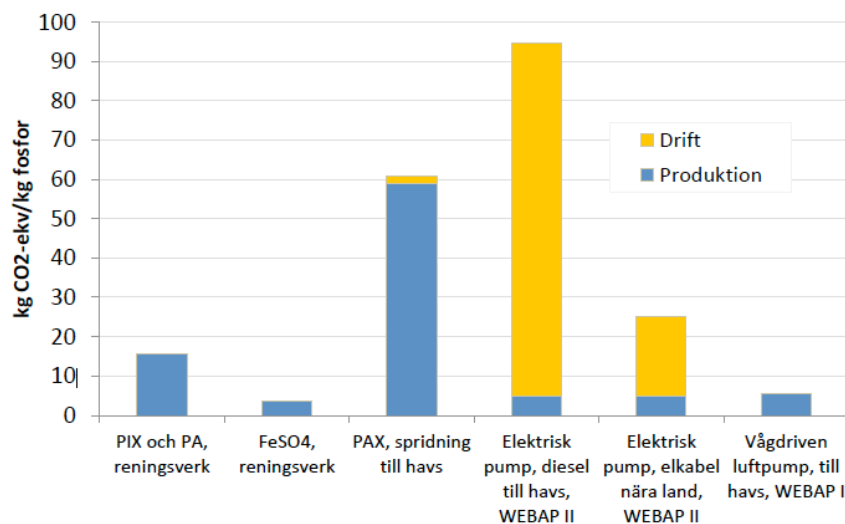
Då det genom årens lopp har sedimenterats svavel i bottensedimenten genomfördes i samband med WEBAP-projektet laborationstester med målet att belysa huruvida det syrerika vattnet i kombination av den turbulens som uppstår i rörmynningen skulle kunna påverka toxiciteten för bottenfaunan. Djuren exponerades för det syrerika vattnet under 24 timmar i ett akvarium, och fick sedan återhämta sig i 7 dygn. Försöket undersökte hur mobiliteten hos havsborstmask och pungräka samt om aktiviteten i sifonen hos östersjömusslor eventuellt påverkades. När exponeringen av bottenfaunan avbröts efter 24

timmar hade syremättnaden i vattnet ökat till 50- 70 %. Resultatet visade på att 10 % av pungräkorna var immobiliserade, men återgick snabbt till normalt tillstånd efter att försöket avbröts. Havsborstmask och musslor visade dock inga tecken på påverkan av exponeringen av det oxiderade svavlet. Liknande experiment genomfördes i Stigebrandt et al. (2013) på musslor. Efter avslutade undersökningar konstaterade de att ingen förhöjd halt av miljögifter sågs i musslorna

För att besvara farhågorna om en eventuellt skadlig spädningseffekt i samband med att det syrerika vattnet tillförs till det saltare djupvattnet har även detta undersökts. Detta på grund av att förändrade vattenförhållanden gällande salinitet kan påverka artsammansättningen då vissa är anpassade för särskilda förhållanden (Conley, 2012). Flödesberäkningarna baserades på 25 m³/s, vilket antas vara över kapaciteten för anläggningen. Resultaten visade att medeldensiteten i vattenmassan höll sig inom min- och maxvärdena -0,1 till + 0,05 kg/ m³ (Baresel et al., 2013). Detta ansågs av Baresel et al. (2013) därmed inte påverka den akvatiska miljön på ett sådant sätt att det skulle missgynna biologiskt liv utan snarare motsatsen. Detta konstaterande styrks av Stigebrandt et al. (2013) där man såg hur tidigare syre- och artfattiga botten och djupvatten återkoloniserades vid syresättning.

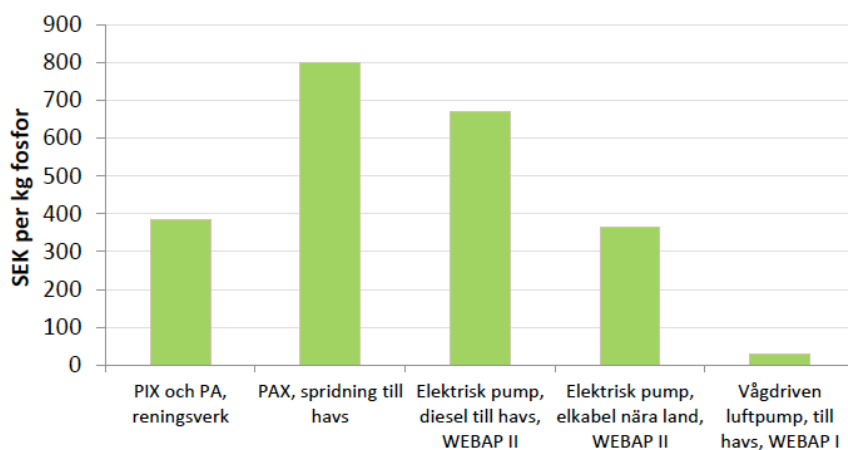
Kostnader

Tillsammans med projektmedarbetare har en klimatpåverkan- samt kostnadsanalys genomförts avseende de ekologiska ingenjörlösningarna. Beräkningarna baserades på data och tekniker tillhandahållna av tillverkare samt data från publikationer och databaser för livscykelanalysberäkningar av kemikalier, material och bränsle. Syftet var att åskådliggöra vilken reningsmetod som är mest kostnadseffektiv för fosfor-avskiljning, vilket illustreras i figurerna 5 och 6.



Figur 5. Klimatpåverkan för att avlägsna 1 kg fosfor. Källa: Baresel et al. 2013. Figuren är återpublicerad med tillstånd.

Vid beräkningarna användes CO₂-ekvivalenter som enhet samt 1 kg fosfor som funktionell enhet. Resultaten visade att spridandet av PAX, vanligt förekommande flockning/sedimenteringsmedel på reningsverk, har ett stort utsläpp av CO₂ vid produktion och drift. Den elektriska pumpen, som i den här analysen motsvarar den av SYKE (2011) presenterade modellen i brist på data, har ett lågt CO₂-utsläpp vid produktion men desto högre i drift. Lägst CO₂-utsläpp har reningsverken samt den vågdrivna syrepumpen (Figur 5).



Figur 6. Livscykelkostnad från teknikerna för att avlägsna 1 kg fosfor. Källa: Baresel et al. 2013. Figuren är återpublicerad med tillstånd.

Ett ungefärligt likadant resultat som vid klimatpåverkansberäkningarna kunde erhållas vid beräkandet av livscykelkostnaden för de olika förslagen (figur 6). Det konstaterades däremot att de olika teknikerna har olika potential (Baresel et al. 2013), där svenska reningsverk i stor utsträckning har uppnått maximal effektivitet medan syrepumparna i stort antal kan föra ner avsevärde mängder syrerikt vatten till djupvattnet. Däremot angavs inte i Baresel et al. (2013) hur stora mängder ytvatten som behöver tillföras till djupvattnet för att på effektivt sätt kunna reducera halterna av fosfor.

Kostnaden som presenteras i Baresel et al. (2013) bör jämföras med de schablonvärden som Naturvårdsverket (2013) presenterade i sin underlagsrapport för ett hållbart återförande av fosfor. Där hänvisas det till en av HELCOM gjord estimering av värdet att minska fosforhalten och uppgick till ca 2000 SEK. Monetära schablonberäkningar utförda av Naturvårdsverket (2013) visar ett värde på 1023 SEK/kg bortförd fosfor. Denna jämförelse indikerar att den vågdrivna syrepumpens kostnad kraftigt understiger värdet av bortförandet av fosfor.

För att motverka utbredningen av syrefattiga bottenar i Hanöbukten och Bornholmsdjupet gjordes därefter en översiktlig kostnadsberäkning för WEBAP I, som är avsedd att verka i dessa typer av vatten. Kostnaden per enhet ställdes sedan i relation med anordningens pumpkapacitet. Ett aggregat i dagsläget beräknas kunna pumpa ner 50 000 000 -100 000 000 m³ år (Baresel et al., 2013) beroende på vilket vågklimat som råder ute till havs. Vid produktion antas investeringskostnaden minska från 1,2 MSEK/ enhet till ca 300 000 SEK vid tillverkning av 1000 aggregat (Baresel et al., 2013).

För att kunna göra en fullständig jämförelse hade vidare beräkningar av Stigebrandt och Gustafsson (2007) behövt genomföras för det 0,6 MW vindkraftverket som de ansåg vara det mest kostnadseffektiva alternativet, och därigenom visa på vilket av alternativet som är mest kostnadseffektiv per pumpad m³ vatten.

Beräknade värddeförändringar på EST vid ändrade vattenförhållanden

Tidigare genomförda rapporter och beräkningar

Market pricing

Yrkesfisket är starkt förknippat med våra kuster och dess samhällen. Antalet yrkesutövare i regionen har minskat från 130 stycken till 60 stycken på ett fåtal år (intervju Tschernij, V. 2014). Enligt honom grundar sig detta dels i EUs fiskepolitik men även i att det inte längre är lönsamt att jobba som småskalig yrkesfiskare. I Havs- och vattenmyndigheten (2013) beskrevs hur mängden liten torsk har minskat i antal samt ett resonemang fördes kring vad de minskade fångsterna kan bero på. Författarna kom fram till att tillfälligheter såsom missgynnande väderförhållanden och marknadspriset på fångsten har bidragit. Vidare redovisade Havs- och vattenmyndigheten (2013) data på värdet för den torsk som fångades inom de två områdena, vilket uppgick till 18-21 MSEK⁽²⁰¹²⁾, samt en beräknad värdeminskning på 1,8- 2,7 miljoner SEK vid försämrade vattenförhållanden.

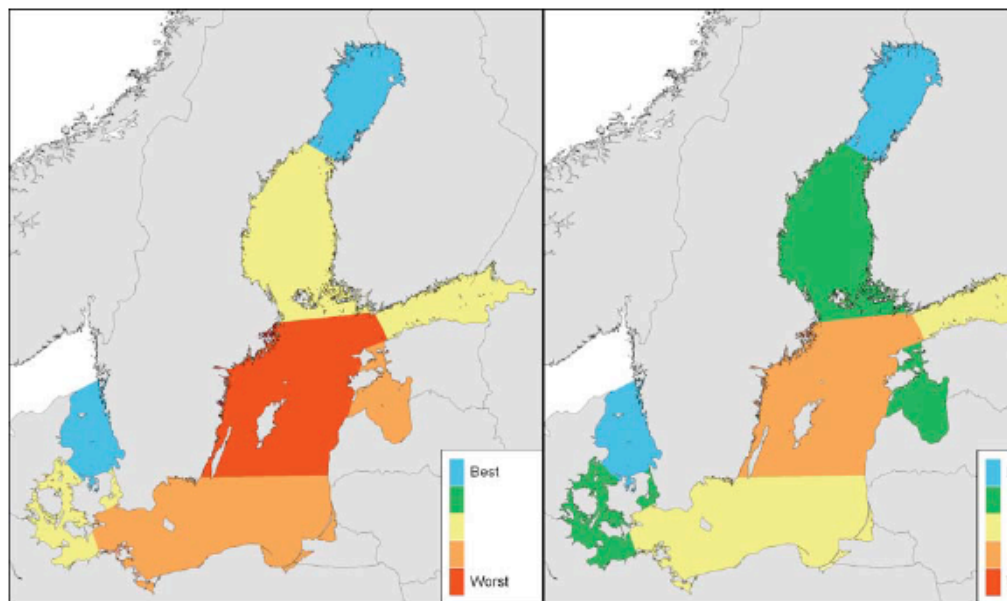
För att bättra på lönsamheten ytterligare har de småskaliga yrkesfiskarna tillsammans med KimoBALTIC och IVL Svenska Miljöinstitutet (Ekengren, Levin & Lundmark, 2014) tagit fram ett försöksprogram för framställning av biogas. Drivmedlet biogas/metangas har framställts av blandningar av avloppsslam tillsammans med fiskrens som sedan rötats under anaeroba förhållanden. Genom framställningen av biogas utnyttjas den producerande ekosystemtjänsten fiske i allt

högre grad då fiskrenset tas till vara. Resultaten visade att det är fullt möjligt att framställa biogas av dessa blandningar, och ett förslag till pilotprojekt i Simrishamn har därefter presenterats för fortsatt utredning. Dock har det inte gjorts någon kalkyl för hur mycket biogas som skulle kunna produceras i detta arbete, och därmed heller inte vilken eventuell ekonomiskt värde detta skulle innebära.

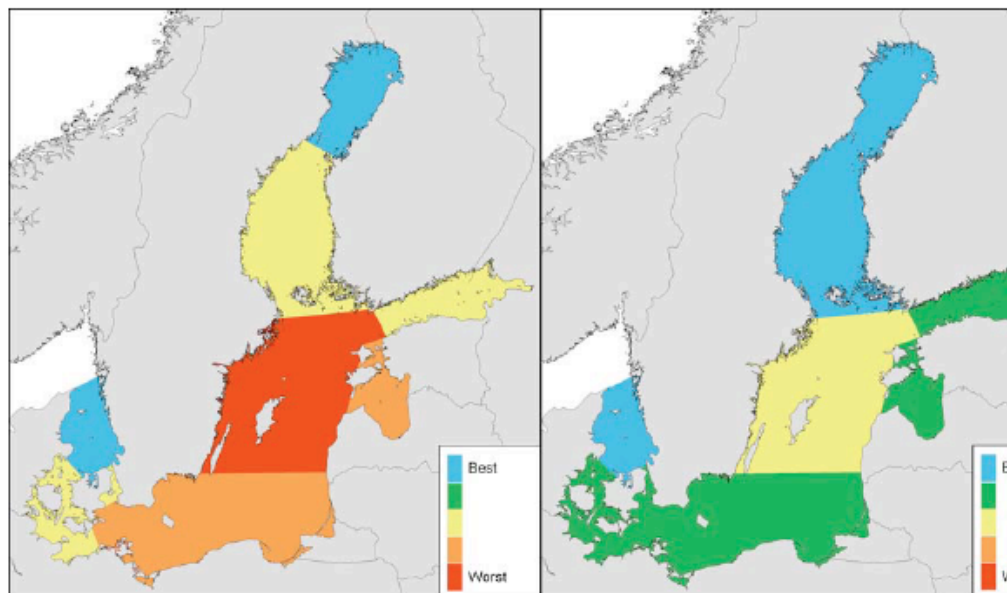
Stated preference

För att undersöka medborgarnas vilja att betala (WTP) genomfördes en studie av Ahtiainen et al. (2012). Undersökningen togs fram utifrån det material som har presenterats av HELCOM (2007).

Med hjälp av BSAPs arbetsområden och marindynamiska beräkningar framställdes två olika kartor, figur 7 och 8, över Östersjön. Flera frågor ställdes i enkäten, bland annat vad individen är villig att årligen betala utifrån de två typerna av kartor därigenom få en bättre vattenkvalitet.



Figur 7. Kartor över grundförutsättningen till vänster och resultaten av att halva BSAP uppfylls. Källa: (Ahtiainen et al., 2012). Figuren är återpublicerad med tillstånd.



Figur 8. Kartor över grundförutsättningen till vänster och resultatet av att hela BSAP uppfylls. Källa: (Ahtiainen et al. 2012). Figuren är återpublicerad med tillstånd.

Tabell 2. Värdena i tabell 2 visar fördelningar av respondenternas svar från frågor som ställdes i undersökningen, med en skala 1-5. Där ett (1) innebär att respondentens åsikt skiljer sig helg från svarsalternativet och fem (5) att åsikten helt överensstämmer med påståendet. Därigenom erhöles genomsnittliga attityder kring Östersjön och angränsande länders medborgare. Antal deltagare var 10 540. Källa:(Ahtiainen et al. 2012) Tabellen är återpublicerad med tillstånd.

Country	I am worried about the Baltic Sea environment	Baltic Sea environmental problems belong to the three most important environmental problems	I can myself play a role in improving the Baltic Sea environment	The protection of the Baltic Sea requires an international agreement	The environmental degradation of the Baltic Sea has been exaggerated	It is my duty to get involved in protecting the Baltic Sea
Denmark	3.81	3.50	3.08	4.22	2.52	3.31
Estonia	4.29	3.97	3.29	4.51	2.45	3.54
Finland	4.14	4.02	3.21	4.56	2.16	3.76
Germany	3.49	2.99	2.91	4.26	2.42	3.24
Latvia	3.78	3.74	2.91	4.44	2.62	3.16
Lithuania	4.35	3.96	2.94	4.59	2.56	3.84
Poland	3.67	3.63	3.41	4.41	2.56	3.33
Russia	3.74	3.46	2.79	4.33	2.49	2.83
Sweden	4.41	4.29	3.69	4.74	2.09	3.73
Overall	3.89	3.67	3.15	4.43	2.42	3.62

Response scale: 1: I totally disagree, 2: I disagree rather than agree, 3: I neither agree or disagree, 4: I agree rather than disagree, 5: I totally agree

Undersökningen visade att svenska medborgare oroar sig mest av Östersjöns utveckling i förhållande till övriga länder som deltog i undersökningen (tabell 2). Vidare kan slutsatser dras att Sveriges befolkning är oroade över utvecklingen i Östersjön.

Tabell 3. I tabellen redovisas fördelningar av respondenternas svar på frågan gällande dennes huvudsakliga aktiviteter i samband med nyttjande av Östersjöns ekosystemtjänster. Dels med den procentuella andelen samt antal personer som angett en specifik aktivitet. Källa: (Ahtiainen et al. 2012) Tabellen är återpublicerad med tillstånd.

	Swimming	Fishing	Boating	Being at the beach	Water sports	On a cruise	Other	Cases
Denmark	396 38.6%	167 16.3%	198 19.3%	851 83.0%	25 2.4%	31 3.0%	102 10.0%	1025
Estonia	390 81.6%	89 18.6%	108 22.6%	432 90.4%	25 5.2%	124 25.9%	10 2.1%	478
Finland	563 40.3%	241 17.3%	369 26.4%	912 65.3%	28 2.0%	863 61.8%	65 4.7%	1397
Germany	728 58.6%	33 2.7%	171 13.8%	1115 89.8%	46 3.7%	305 24.6%	133 10.7%	1242
Latvia	451 68.2%	47 7.1%	46 7.0%	591 89.1%	21 3.2%	34 5.1%	32 4.8%	661
Lithuania	511 90.9%	43 7.7%	56 10.0%	535 95.2%	37 6.6%	13 2.3%	6 1.1%	562
Poland	1279 71.4%	84 4.7%	114 6.4%	1700 94.9%	113 6.3%	443 24.7%	49 2.7%	1791
Russia	438 49.0%	154 17.2%	84 9.4%	779 87.2%	14 1.6%	60 6.7%	36 4.0%	893
Sweden	668 67.6%	215 21.8%	270 27.3%	748 75.7%	29 2.9%	380 38.5%	78 7.9%	988
Total	5424 60.1%	1073 11.9%	1416 15.7%	7663 84.9%	338 3.7%	2253 25.0%	511 5.7%	9027

När undersökningen genomfördes gavs respondenterna möjlighet till flera svarsalternativ utifrån sina intressen. Undersökningen visade att aktiviteter kring stränderna var det vanligast förekommande svaret hos respondenterna (tabell 3). Man konstaterade också att de svenska medborgarna hade högst WTP av alla bland deltagande länder för att uppnå en bättre vattenkvalitet i Östersjön. Ahtiainen et al (2012) drog även slutsatsen att WTP inte skiljer sig varifrån i landet man kommer. Detta indikerar att även om man inte är en medvetet frekvent användare av Östersjöns ekosystemtjänster eller besökare av kuststräckorna, är det fortfarande viktigt för personer som bor i de angränsande länderna att Östersjön är i gott skick.

Utifrån svaren från enkätundersökningen kunde Ahtiainen et al. (2013) konstatera att de tre största orosmomenten bland de svenska deltagarna var algbloomningar, syrefattiga bottenar och förändringar i sammansättningen av fiskarter. Utöver detta tyder undersökningen på att svenska medborgare bryr sig om hela Östersjön då vi har en lång kuststräcka och därigenom stor åtkomlighet till kuststräckorna. Det ska i sammanhanget tilläggas att det var ett visst ökat intresse kring Egentliga Östersjön.

Med stöd av Ahtiainen et al. (2013) presenterades år 2013 rapporten BalticSUN av det internationella forskarnätverket BalticSTERN, som bygger på flera nytto-kostnadsanalyser samt WTP-undersökningar utförda i de Östersjöangränsande länderna. Resultatet visar på att medborgarna i dessa länder är villiga att betala ca 35 miljarder kronor per år för att motverka eutrofieringen av Östersjön, renare vatten, färre algbloomningar, minskad utbredning av syrefattiga bottenar och bättre fiskbestånd. Av denna summa utgör svenska medborgares WTP 838 miljoner € (Ahtiainen et al. 2012; BalticSTERN, 2013) vilket motsvarar ca 7,5 miljarder SEK.

Även på en betydligt mindre skala kan allmänhetens vilja att betala för ekosystemtjänster visas. Detta genom en kalkyl genomförd i samband med intervjun med FishYourDream. Företaget är Gotlandsbaserat och driver fisketurismverksamhet på

bl.a. Gotland (intervju, Jobs, 2014). Den huvudsakliga inkomstkällan från verksamheten på Gotland är guidade fiskeresor efter havsöring där endast handredskap används.

Kalkylen har beräknats för april månad (Jobs, 2014). Den baserades på hur många fiskar som fångas under en månad i samband med en guideupplevelse (betald fiskeresor med guide), kostnader för att resa till och från Gotland med båt eller flyg, mat och logi och hyra av bil. Under perioden spenderades ca 850 000 svenska kronor på Gotland relaterat till FishYourDream's verksamhet som tillföll olika delar av turismnäringen på Gotland samt resebolag. Detta gav ett värde för varje kilo spöfångad havsöring på ca 2200 kronor (Jobs, 2014). Se bilaga 1 för redovisade beräkningar.

För att visa på hur viktig denna typ av ekosystemtjänst är, trots att den är väldigt specifik till skillnad från bad och rekreation, kan dess värde per kilo fångad fisk uppgå till ca 2200 SEK om alla utgifter inkluderas i dess värdering. Till detta tillkommer sedan de indirekta värdena i form av välbefinnande för sportfisket som är svårt att översätta i det här fallet till monetära värden.

Revealed preference

I Havs- och vattenmyndigheten (2013) har en studie gjorts kring hur olika ekosystemtjänster kan ta skada av en rad olika påverkansfaktorer.

Som exempel kan Ölands turistchefs svar på frågan om turistverksamheten på Öland har blivit påverkad av något havsrelaterat miljöproblem, som svarade att omsättningen år 2005 gick ner med 278 miljoner SEK^{2014, SCB, 2014-04-11} (250 MSEK 2005) (Havs- och vattenmyndigheten 2013). Personen ansåg att detta kunde kopplas till medias rapportering om algbloomingarna i havet omkring Öland (Naturvårdsverket 2009; Havs- och vattenmyndigheten 2013).

Omsättningsförändringen på Öland motsvarar ca 20 % procents nedgång från föregående år (Resurs AB, 2012b). För att applicera dessa data på Hanöbuktområdet, användes den procentuella andelen som Hanöbukten skulle ha utgjort av Ölands kustremsa. Detta motsvarar 25- 30%, vilket resulterade i en summa motsvarande 50- 75 MSEK (Havs- och vattenmyndigheten 2013) i förlorade inkomster till följd av algbloomingar med 2014 års penningvärde.

Motsvarande problem har uppstått i fler områden runt om i Östersjön, däribland i Burgsvik, Gotland (intervju, Larsson, 2014). På grund av de förändrade förhållandena startade projektet *Rädda Burgsviken* på initiativ från Forum Östersjön m.fl.(intervju, Larsson, 2014). Den totala summan för förlorade investeringar estimerades att uppgå till ca 200 miljoner kronor (intervju, Larsson, 2014). Denna typ av RP-värdering kan därmed ses som indikation på hur förändrade vattenförhållanden kan sänka ekosystemtjänsters värden. Den bör därför tas i beaktning då turismen i Kristianstad och Simrishamn, som är Skånes största städer längs Hanöbukten, omsatte tillsammans ca 1,6 miljarder SEK (Bredahl & Holmström, 2011; Resurs AB, 2012b) medan den totala turismen i Blekinge omsatte nästan 2 miljarder 2012 (Resurs AB, 2012a).

Travel-Cost metoden

Sandström (1996) presenterade en beräkning för hur stor ökning de kulturella/rekreations-relaterade ekosystemtjänsterna skulle få i Laholmsbukten vid förbättrad vattenkvalitet. Sandström (1996) genomförde två olika typer av simuleringar, en med 50 % sänkning av näringsämnen kring hela Sveriges kust och en med 50 % sänkning kring endast Laholmsbukten.

Resultaten visade att svenskars vilja för att resa/ betala, för att få kunna tillgodose sig av ekosystemtjänsten, ökade i takt med förbättrat siktdjup. De ekonomiska värdena för detta visade på resultat mellan 293-781 MSEK^{2014, SCB, 2014-04-11} (240-540 MSEK¹⁹⁹⁶) för hela den svenska kusten, samt 14,6 -39 MSEK^{2014, SCB, 2014-04-11} (12-32 MSEK¹⁹⁹⁶) för Laholmsbukten. Den stora variationen mellan resultaten beror på vilka typer av värden som togs med eller bortsågs ifrån i beräkningsfunktionen. Sandström (1996) hävdade att dessa värden sannolikt är snedvridna åt ett negativt håll. Med andra ord kan de egentliga värdena vara högre än det som presenterades i rapporten.

För både tabell 4 och 5 anges vilken område som har utgjort basen vid beräkningar i kolumn ”värderingsbas”. Hur beräkningarna sedan har applicerats på Hanöbuktensregionen respektive Sverige anges i kolumn ”beräkningsmetod”, och slutligen den beräknade värdeminskningen vid förändrade vattenförhållanden i kolumn ”beräknad värdeminskning”.

Tabell 4. Tabellen visar en sammanställning av redan publicerade värdeminskningar av Hanöbukten och Östersjöns ekosystemtjänster vid förändrade vattenförhållanden. Den totala summan för RP beräknas genom summering av alla RP-värderingar. Endast RP-metoderna har applicerats med beräkningsmetoder på Hanöbukten utifrån sträckans längd eller förändrad omsättning vid försämrade vattenförhållanden. Källa: *Havs- och vattenmyndigheten (2013); **BalticSTERN (2013)

Värderingsmetod	Värderingsbas	Beräkningsmetod	Beräknad värdeminskning miljoner SEK
Market Pricing	Småskaligt yrkesfiske * <i>Minskad fångst</i>	10-15 % nedgång	1,8- 2,7
Stated Preference, WTP	Östersjön** <i>Hela BSAP uppfylls</i>	Sverige	7,5 00
Total summa, WTP			7,5 00
	Simrishamn och Kristianstad* <i>Minskad turism</i>	40 % kustnära turism, 10 -15 % nedgång	50-75

Enligt tabell 4 kan slutsatser dras om att de olika RP-beräkningarna ger liknande resultat, medan SP-beräkningen skiljer sig mycket då den inte har skalats ner till Hanöbukten.

Nya beräkningar av ekosystemtjänsternas värdeminskning

Den kulturella EST som bad och rekreation utgör är starkt beroende av att havsvattnet i regionen håller god kvalitet. Under år 2005 gick den turismrelaterade omsättningen på Öland ner drastiskt på grund av flera larmrapporter om algbloomningar kring ön (Havs- och vattenmyndigheten, 2013). När rapporteringen av algbloomningarna kring Öland försvann ökade turistnäringens omsättning återigen till helt normala nivåer. Visserligen handlade inte fallet på Öland om en förbättrad vattenstatus, utan om att problematiken troligen inte lyftes upp i samma utsträckning, men ett liknande förhållande skulle kunna gälla även i Hanöbukten om samma algbloomningsproblematik skulle uppstå även där.

Exemplet från Öland har legat till grund för några av de beräkningar som presenteras i detta kapitel, tillsammans med beräkningar som istället har baserats på hur Hanöbuktens kuststräcka är jämfört med angiven värderingsbas.

Market Pricing

Samma resonemang har använts som i Havs- och vattenmyndigheten (2013) och Naturvårdsverket (2009) vid beräkandet av fiskeindustrins värdeförändring. Med ett antagande om att fiskeindustrin skulle drabbas av samma procentuella nedgång som rapporterna visar skulle detta innebära en sänkning av marknadsvärdet med 1,8– 3,15 MSEK. Detta med bakgrund av att fiskeindustrin i Hanöbukten omsatte 18- 21 miljoner SEK år 2012 (Havs- och vattenmyndigheten, 2013)

Stated Preference

Ytterligare en metod för att estimerar värdet på ekosystemtjänsterna i regionen är att utgå från hur stor WTP den svenska befolkningen har för förändring av vattenkvalitet längs Hanöbuktens kust. Inledningsvis antas att hela Sveriges befolkning representeras i Ahtainen et al. (2012); BalticSTERN (2013) då respondenterna var bosatta i hela landet. Därefter att WTP för hela Östersjökusten är jämnt fördelad längs hela kustlinjen. Detta skulle resultera i ett totalt WTP-värde på 67 miljoner €, ca 600 miljoner SEK, då Hanöbukten utgör ca 8 % av den totala svenska kuststräckan mot Östersjön.

Revealed Preference

Likt turismen på Öland är Blekinges besökares huvudsakliga aktivitet bad och rekreation. Enligt Havs- och vattenmyndigheten (2013) och Naturvårdsverket (2009) utgör kustnära turism ca 40 % av den totala omsättningen. Likande scenario som på Öland skulle kunna Hanöbuktens kustnära turism vid ökad algbloomningsfrekvens, med 20 % minskad omsättning. I Naturvårdsverket (2009) visas siffror på att försäljningen i ett algbloomningsdrabbat område kan minska med 10-15 % som följd av försämrade vattenförhållanden. Turismen i Simrishamn, Kristianstad och Blekinge tillsammans omsatte ca 3,6 miljarder SEK (Bredahl & Holmström, 2011; Resurs AB, 2012a; Resurs AB, 2012b)

I tabell 6 redovisas en sammanslagning av dessa två beräkningar för Blekinge, med 10-20 % nedgång och antagande att kustnära turism bidrar med 40 % av intäkterna,

vilket resulterar i 144 -288 miljoner SEK nedgång.

Gällande denna sammanställning för värdeminskningen i Blekinge, Simrishamn och Kristianstad är värderingen även här baserad på data från turismnäringen i form av påvisade beteendeförändringar hos befolkningen i deras val av turistmål. Detta medför att två geografiskt skilda platser kan jämföras om de båda kan leverera liknande ekosystemtjänster för vilka befolkningen är villig att betala för att kunna utnyttja i form av turism. Då så är fallet mellan Öland, vars turism har utgjort värderingsbasen för dessa beräkningar, och Hanöbukten kan dessa värden anses vara proportionella.

Ett liknande resonemang likt de som används vid SP- värderingen har här förts kring de resultat Sandström (1996) presenterade. Laholmsbuktens strandlinje är ca 50 km, vilket innebär att resultaten kan ökas med en faktor 3 för att motsvara Hanöbuktens kustremsa då denna är ca 160 km lång. Detta skulle få till följd att utifrån värdet för förbättrad vattenkvalitet i detta område skulle motsvaras av en travel cost- värdering på ca 43- 117 MSEK. Resultatet som TC-beräkningen visar är som tidigare nämnt baserat på hur mycket pengar befolkningen är villig att betala för att resa till Laholmsbukten vid förbättrade vattenförhållanden. Då den är baserad på data från turistnäringen över hela Sverige, och med hjälp av matematiska metoder anpassad till Laholmsbukten, bör det beräknade värdet kunna appliceras på Hanöbukten. Huruvida metoden att skala upp värderingen med hjälp av kuststräckans längd är korrekt eller inte, kan motiveras med att båda områdena erbjuder samma typ av ekosystemtjänst i form av bad och rekreation.

Vid en summering av alla RP-värden erhålls en slutlig värdeminskning på ca 187-405 MSEK. Denna typ av summering kan vara motiverad i det här sammanhanget. Detta på grund av att de dels utgör samma kategori av värderingsmetod, RP-metoden, men olika geografiska områden inom Hanöbukten samt att TC-värderingen och omsättningsvärderingarna till stor del förutsätter varandras existens. För att befolkningen ska kunna ta del av de kulturella ekosystemtjänsterna, och därigenom påverka omsättningen i regionen, måste med största sannolikhet en resa genomföras. Vice versa gäller att regionen måste kunna erbjuda ekosystemtjänster som är tillräckligt attraktiva för att en resa ska slutföras. Därigenom bör det inte finnas någon risk att en dubbelräkning uppstår, då TC-metoden baseras på viljan att betala för resan i syfte att kunna utnyttja ekosystemtjänster medan värderingen av omsättning förutsätter att någon redan har genomfört resan och därefter kan påverka omsättningen i Hanöbukten.

Tabell 5. Tabellen visar nya genomförda beräkningar av ekosystemtjänsternas värdeminskningar i Hanöbukten. Det totala ekonomiska värdet, TEV, beräknas genom att summera SP-värderingen samt värderingen för yrkesfiske.

Värderingsmetod	Värderingsbas	Beräkningsmetod	Beräknad värdeminskning MSEK
Market Pricing direkt marknadsvärde	Småskaligt yrkesfiske, <i>Minskad fångst</i>	10-20 % nedgång	1,8- 3,15
Stated Preference, WTP, indirekt	Sverige, <i>Hela BSAP uppfylls</i>	Kuststräcka	600

marknadsvärde			
Total summa, SP			600
Revealed Preference, indirekt marknadsvärde	Blekinge, Simrishamn, Kristianstad, <i>Minskad turism</i>	40 % kustnära turism, 10-20 % nedgång	144- 288
Revealed Preference, TC, indirekt värde	Laholmsbukten, <i>Siktdjup</i>	Kuststräcka	43- 117
Total summa, RP			187- 405
Totalt ekonomiskt värde, TEV			ca 602– 603

Diskussion

Flera påverkansfaktorer har lett till förändrade förhållanden i Egentliga Östersjön. På grund av återkommande algblomningar har detta lett till utbredning av syrefattiga bottnar. Vid fortsatt utbredning kan detta resultera i att flera ekosystemtjänster i Egentliga Östersjön och Hanöbukten minskar i värde.

Olika typer av värderingsmetoder har använts i det här arbetet för åskådliggöra hur omfattande dessa värdeminskningar kan komma att bli. Detta resulterade en slutlig värdering på ca 600 miljoner SEK. Dock är detta värde främst baserad på indirekta ekosystemtjänster och kan därmed anses vara lågt beräknad.

Flera ekologiska ingenjörlösningar med syfte att motverka algblomningar och utbredningar av syrefattiga bottnar har presenterats. Med hjälp av dessa kan förbättrade syre-förhållanden i djupvattnet erhållas med återkolonisering av tidigare syrefattiga bottnar och djupvatten som följd. Provtagningar visar att mängden fosfor kan minskas avsevärt i Egentliga Östersjön. Dock kan temperaturförändring i djupvattnet uppstå i samband med tillförsel av ytvatten. Detta skulle vid storskalig syresättning potentiellt skulle kunna ha en negativ inverkan på artsammansättningen.

Stated Preference

BalticSTERN (2013) gav en bild av hur värdefull Östersjön är för befolkningen runt havet. Viljan att betala för att uppnå de mål som har presenterats av HELCOM indikerar på att folk i Sverige är måna om att havet ska ha en god ekologisk status. Det intressanta med undersökningen är att avståndet till kusten inte hade någon större påverkan på betalningsviljan, åtminstone inte för Sveriges befolkning. Att det där emot fanns ett större intresse för Egentliga Östersjön kan sammanhånga med att befolkningstätheten i södra Sverige är högre, vilket eventuellt gav ett utslag på resultatet av värderingen.

Applicering som nu har gjorts på Hanöbukten utifrån Ahtiainen et al. (2012) och BalticSTERN (2013) har mig veterligen inte genomförts tidigare på svenska kuster, och ger det slutliga WTP-värdet på 600 miljoner SEK. Metoden att skala ner WTP-värdet av hela Sveriges Östersjö-kust och anpassas denna till Hanöbukten medför

flera antaganden. Till exempel att befolkningen i Umeå skulle vara villiga att betala lika mycket för att gagna Hanöbukts kuststräcka som en motsvarande kuststräcka hos dem. Detta kan anses som orimligt. Men då enkät- och intervjuundersökningen genomfördes var de flesta måna om hela Östersjön snarare än specifika områden. Detta ger en viss legitimitet att göra denna typ av antagande, med motiveringen att variationen av betalningsvilja hos den svenska befolkningen inte hade något samband med avståndet till kusten.

Revealed Preference

De siffror som presenteras av *Rädda Burgsviken* är svåra att direkt översätta till de förhållanden som råder i Hanöbukten. Framförallt då Burgsviken är en betydligt mindre vik än Hanöbukten. Men det finns även många gemensamma komponenter. De får båda ta del av tillförseln av eutrofierande ämnen vilket i olika grad har resulterat i övergödning, algblooming och slutligen syrefria förhållanden på botten. Förändringen av vattnets kvalitet har inneburit att investeringar har gått förlorade och med det sannolikt flera arbetstillfällen som följt. Därtill kan man anta att personer som söker efter bostäder antagligen väljer att söka i andra områden än just detta då möjligheter till bad och rekreation är undermåliga i viken. Samma skeenden kan komma att bli verklighet i Hanöbukten.

Händelseförloppet i Burgsviken har gått betydligt längre vilket troligen har sitt ursprung i vattnets omsättningstid, men ger ändå en fingervisning om vilka konsekvenserna skulle kunna bli för Hanöbukten. Om algbloomingarna börjar förekomma i allt högre utsträckning i Hanöbukten, både ute till havs och i kustnära områden, kan flera av de tidigare nämnda näringsintressena komma att påverkas. Redan nu kan starka tendenser ses av påverkan på den marina miljön och dess ekosystemtjänster längre ut till havs, bl.a. i Bornholmsdjupet. Visserligen ska man ta i beaktning att regionen kring Hanöbukten är mer divers rörande hur ekosystemtjänsterna används och utnyttjas. Samt att påverkan från omgivningen därmed kan spridas på ett större geografiskt område. Men konsekvenserna kan komma att bli de samma med minskade intäkter och investeringar som följt.

Längs Hanöbukts kust mynnar flera vattendrag ut där lax och havsöring kan vandra upp för att fortplanta sig, precis som på Gotland. Sportfisket längs kusten är främst inriktat på dessa fiskarter, och deras existens utgör därför basen för guidade verksamheter. Då kunder reser från olika delar av världen, inklusive Sverige, för att få uppleva havsöringsfisket kan detta ses som en vilja att betala för en ekosystemtjänst. Utöver vilja av att få uppleva själva fiskandet är de betalande besökarna intresserade av att få en helhetsupplevelse av estetiskt tilltalande intryck i form av vackra vyer över havet och klart vatten (intervju, Jobs, 2014).

Bedömning av värderingsmetoder

Vid bedömningen av vilken av värderingarna som är mest sannolik att avspegla verkligheten har här gjorts några antaganden. WTP-metoden i det här fallet belyser främst befolkningens vilja att betala för att kunna utnyttja en eller flera ekosystemtjänster, medan TC-exemplet visar på hur personers vilja att resa till kusten förändras i takt med förändrade vattenförhållanden.

Då det råder en stor variation mellan värderingsmetoderna som har använts, där WTP-metoden uppvisar betydligt högre värdering av de ekosystemtjänster som Hanöbukten och Bornholmsdjupet kan producera än TC-metoden, kan detta delvis förklaras med att metoderna är helt olika uppbyggda. Exemplet i detta arbete för TC-metoden baseras på siktdjup som kvalitetsindex i kombination med resekostnadsstatistik som har behandlats på matematisk väg. WTP-undersökningens värdering utförd av Ahtiainen et al. (2012) och BalticSTERN (2013) är grundad på en stor enkätundersökning som även innefattar sannolikhetsfördelningar för hur sanna svaren i undersökningen egentligen är, och värdet 838 miljoner euro, motsvarande ca 7,5 miljarder SEK, berör endast Östersjön.

När respondenterna tillfrågades om betalningsviljan för att uppnå BSAP-målen till hundra eller femtio procent borde detta ha inneburit att svaren baserades på om de någon gång avsåg att utnyttja de ekosystemtjänster som Östersjön erbjuder i form av att resa till kusten. Eller åtminstone att de ska bevaras så att nästkommande generationer kan få ta del av dem. Därigenom borde även deras vilja att resa till Östersjön ha undermedvetet spelat en roll vid besvarandet av frågorna. Givetvis är det svårt att uppskatta hur många respondenter detta resonemang berör. Men med stöd av BalticSTERN-rapportens analys av befolkningens fritidsvanor, svenska medborgares oro för algblomning och syrefattiga bottnar i Östersjön samt det faktum att den huvudsakliga turistaktiviteten i Hanöbukten är bad och rekreation, kan i det här fallet värdet från travel cost-beräkningen vara en faktor i det beräknade willingness to pay-värdet. Däremot bör inte de två ekosystemvärdena från WTP- och TC-värderingarna summeras. Detta för att undvika att en dubbelräkning av samma typ av ekosystemtjänst ska inträffa, samt att de som tidigare nämnts grundar sig i helt skilda värderingsmetoder. Dock är de relaterade till varandra i form av förändrad vattenkvalitet vid algblomningar och utbredande av syrefria bottnar och kan därför ses som ett komplement till varandra.

Om fler ekosystemtjänster hade inkluderats i arbetet kunde därmed värderingen ha ökat. Därigenom kan den slutliga värderingen av de indirekta marknadsvärdena vara trovärdig medan värdet för de direkta marknadsvärdena antas vara lågt beräknat för regionen i stort. Framförallt har ingen hänsyn tagits till den kalkyl som har gjorts för sportfiskets intäkter, som även det kan anses vara en producerande ekosystemtjänst. Det har heller inte gjorts någon kalkyl för hur stor ekonomisk påverkan biogasframställning av fiskrens hade haft på slutresultatet.

Total värdeminskning

För att beräkna det totala värdet, TEV, eller i det här fallet värdeminskning av Hanöbuktens och Bornholmsdjupets ekosystemtjänster vid förändrade vattenförhållanden ska de direkta och indirekta marknadsvärdena summeras. Den slutgiltiga värderingen uppgår då till strax över 600 miljoner SEK, och representeras främst av indirekta marknadsvärden. Detta medför att den beräknade värdeminskningen möjligen inte speglar regionens verkliga värde, och kan därmed ses som lågt räknad.

Jämförelse med tidigare presenterat material

Havs- och vattenmyndigheten (2013) redovisade en RP- värdering för Hanöbukten baserat på enbart Kristianstad och Simrishamns kuststräcka jämfört med Ölands samt omsättning relaterat till kustnära turism. Resultatet blev 50 -75 miljoner SEK för skattningen utifrån denna applicering. Det råder därmed en stor värdeskillnad mellan det som presenteras i denna sammanställning jämfört det som presenterats i Havs- och vattenmyndigheten (2013). Den främsta anledningen till detta är att de i sitt arbete har utgått från annorlunda prioriteringar av hur stort geografiskt område som ska omfattas i värderingen. I denna nya sammanställning inkluderas även hela Blekinges kust, vilket medför betydligt större värderingar av Hanöbuktens kulturella ekosystemtjänster relaterat till kustnära turism. Havs- och vattenmyndigheten (2013) har heller inte genomfört någon av befolkningens WTP. Det stora intervallet i denna sammanställning beror sedan på hur stor skattning, 10-20 %, som använts vid beräkningarna av omsättningssänkning jämfört med de 10-15% som har använts i Havs- och vattenmyndigheten (2013).

Vattenpumpning

I arbetet har några olika publicerade förslag behandlats som är framtagna för att förbättra syreförhållandena i djupvattnet runt om i Östersjön, däribland Hanöbukten och Bornholmsdjupet. Vid förbättrade syrehållanden förväntas önskvärda ekosystemtjänster i form av rent vatten, minskade algbloomningar och bättre fiske med flera stärkas i regionen.

Som med all mänsklig inblandning i naturen, ekosystemen och dess fortgång ska lösningsförslaget, som innebär att föra ner syrerikt ytvatten ner till djupvattnet med syfte att motverka de syrefria bottenarna i Hanöbukten, hanteras med varsamhet och noggrannhet. Det har presenterats kritik med farhågor om störda haloklinskit, ökad turbulens med förhöjda halter av miljögifter som följd, missförhållanden för vattenlevande organismer med mera i samband med ett eventuellt införande av syrepumpar. Provresultat och beräkningar har dock ännu inte visat på att så skulle vara fallet, men detta skulle teoretiskt kunna komma att förändras vid storskaliga försök.

Vilket av de presenterade alternativen som lämpar sig bäst för uppgiften bör analyseras och jämföras vidare med hjälp av livscykelanalyser samt nytto-kostnads-analyser från fler oberoende källor. Främst för att beräkna värdet av Hanöbuktens alla ekosystemtjänster i förhållande till kostnaden vid installation av vattenpumpar. Men rent praktiskt borde ett system som utsätts för så små yttre påfrestningar som möjligt vara att föredra.

Tanken att använda vindkraft som motor för att generera den kraft som krävs för att pumpa ner ytvattnet är i sig mycket tilltalande, ett energislag som i drift inte medför några utsläpp av växthusgaser. Dock kommer troligen vindkraftverket att utsättas för fler påfrestningar jämfört med de el- och vågdrivna modeller som har presenterats av IVL Svenska Miljöinstitutet AB (Baresel et al. 2013) och SYKE (2011). Främst i form av hårda vindar vilket skulle kunna påverka driften. Vid för starka vindar (25 m/s) skulle vindkraftsstationen stanna av driftsäkerhetsskäl (Centrum för Vindbruk, 2004), därmed skulle inget syrerikt vatten pumpas ner till

djupvattnet. Dessa uppehåll skulle medföra att verkningsgraden försämrats. Den prototyp som har tagits fram av SYKE uppfyller då kriteriet, och har bevisligen kunnat leverera tillräckliga mängder syrerikt vatten till djupvattnet. Men dess nackdel ligger i att den drivs av el-energi. Genom att vara beroende av denna energikälla ökar sannolikheten att dess miljömässigt positiva marginaler minskar. Detta på grund av att energin måste utvinnas på annan plats vilket där kommer medföra miljöpåverkan och eventuella störningar.

Slutligen återstår av dessa alternativ IVL Svenska Miljöinstitutets WEPAB-modell (Baresel et al., 2013), som helt och hållet drivs av vågkraft, gravitation och vattnets vikt och undkommer därför ett problem i form av vindpåverkan som Stigebrandt och Gustafsson (2007) m.fl. nämnde. Dessutom har vågkraften i Östersjön större energiflöde än vinden (Henfridsson et al. 2007),

Antalet syrepumpar som beräknas åtgå till att syresätta djupvattnet är enbart baserade på den estimering gjord av Stigebrandt och Gustafsson (2007) och är därmed inte helt till-förlitliga då inga beräkningar redovisades. Då det inte heller finns några beräkningar för hur stort område i djupvattnet som skulle beröras av en sådan ytvattentillförsel går det heller inte att uppskatta vilken ekologisk påverkan detta skulle innebära. Dessutom är den beräknade mängden syrerikt vatten som behövde tillföras till djupvattnet, 10 000 m³, avsedd för hela Egentliga Östersjön. Med detta menas att dessa beräkningar inte visar på vilket antal pumpar som behövs för att påverka värdet av ekosystemtjänsterna i Hanöbukten och Bornholmsdjupet. Dessa beräkningar skall därför ses på som ett exempel på att ett faktiskt antal pumpstationer går att beräkna utifrån givna data, samt ett incitament för fortsatt forskning inom ämnet.

Slutsats

Denna sammanställning och analys av publicerat material visar på att diversiteten avseende på Hanöbuktens och Bornholmsdjupets ekosystemtjänster är stor, och att dess användningsområden är mångfasetterade vilket medför svårigheter att fastställa dess exakta värden. Det råder dock inget tvivel om att för att kunna fortsätta utnyttja befintliga ekosystemtjänster och utveckla dessa krävs stora åtgärder för att komma till bukt med utbredningen av syrefattiga bottenar. De hypoxiska förhållanden som råder på vissa platser riskerar att påverka flera intresseområdet, vilket kan komma att få allvarliga konsekvenser på både kort och lång sikt.

Det är svårt att med hundra procents säkerhet svara på vilken lösning som är den bästa för att motverka algbloomingen och utbredningen av syrefria bottenar. Givetvis måste en förbättrad förvaltning införas där förbättrade reningsmetoder för kommunalt avlopp införs runt om hela Östersjöregionen samt att minska läckaget från jord- och skogsbruk, detta för att komma åt huvudproblematiken och kunna närma sig BSAP-målen. Men till dess bör man överväga att förbättra den akvatiska miljön runt om Östersjön med andra medel, däribland Hanöbukten och Bornholmsdjupet, för att på kortare sikt upprätthålla och stärka redan befintliga ekosystemtjänster.

Den beräknade värdeminskningen av Hanöbuktens indirekta marknadsvärden vid

förändrade vattenförhållanden, 600 miljoner SEK, visar på både stora monetära och estetiska värden i regionen. Dessutom visar det på att befolkningen generellt har en önskan om förbättrade vattenförhållanden. Fler direkta marknadsvärden behöver analyseras och appliceras på Hanöbukten för att erhålla det slutliga värdet än vad som har gjorts i samband med det här arbetet. En metod för detta vore en syntes av undersökningar likt den (Ahtiainen et al. 2012; BalticSTERN, 2013) presenterade, riktad mot det avsedda området tillsammans med fler producerande ekosystemtjänster.

Slutligen anser jag att utförliga studier behöver göras kring hur mycket syrerikt vatten som behöver tillföras för att göra en ekologisk skillnad i Hanöbukten och Bornholmsdjupet. Detta för att inga studier som har baserats på verkliga provtagningsförsök har genomförts i området. Syresättning av djupvattnet i kombination med utökad rening av tillrinningsvattnet kommer förhoppningsvis kunna motverka algbloomningarna och utbredningen av syrefria bottenar och öka ekosystemtjänsternas värden i regionen.

Tack

I samband med färdigställandet av detta arbete avslutar jag min kandidatutbildning i miljövetenskap på SLU. Jag vill därför passa på att rikta ett stort tack till min huvudhandledare Andreas Bryhn, SLU, och biträdande Mikael Malmaeus, IVL, för det stöd som de har utgjort under arbetets gång. Era idéer, åsikter och stora erfarenheter inom området har varit mycket värdefulla. Tack också till Östen Ekengren, IVL, som gav mig möjligheten att skriva mitt examensarbete i samarbete med IVL Svenska Miljöinstitutet.

Referenser

- Ahtiainen, H., Hasselstrom, L., Artell, J., Angeli, D., Czajkowski, M., Meyerhoff, J., Alemu, M., Dahlbo, K., Fleming - Lehtinen, V., Hasler, B., Hyytiäinen, K., Karloseva, A., Khaleeva, Y., Maar, M., Martinsen, L., Nommann, T., Oskolokaite, I., Pakalniete, K., Semenienė, D., Smart, J. & Soderqvist, T. (2012). *Benefits of meeting the Baltic Sea nutrient reduction targets - Combining ecological modelling and contingent valuation in the nine littoral states*. Helsingfors, Finland: MTT Agrifood Research Finland. (MTT Discussion Papers; 1/2012).
- BalticSTERN (2013). *The Baltic Sea- Our Common Treasure Economics of Saving the Sea*. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten; 2013:4).
- Baresel, C., Malmaeus, M., Engqvist, A., Skenhall, A. S., Claeson, L. & Karlsson, M. (2013). *WEBAP, Vågdriven syrepump för Östersjön*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet AB; B2130).
- Bredahl, S. & Holmström, M. (2011). *Turismen Ystad och Österlen- en viktig näring*. Sverige. (TEM).
- Cain, M.L., Bowman, W.D. & Hacker, S.D. (2008). *Ecology*. 2nd ed. ed. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates. (Ecology. ISBN 9780878934454).
- Conley, D.J. (2012). Ecology: Save the Baltic Sea. *Nature* 486(Geoengineering efforts to bring oxygen into the deep Baltic should be abandoned).
- Conley D. J., Gustafsson, B G., Andersen, J. H., & Carstensen J. (2013). Deoxygenation of the Baltic Sea during the last century.(Biogeochemistry, climate change)
- de Groot, S.R., Matthew, W.A. & Boumans, M.J.R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem function, goods and services. (The Dynamics and Value of Ecosystem Services; Integrating Ecological and Economic Perspectives)
- Ekengren, Ö., Levin, E. & Lundmark, J. (2014). *Biogas från fiskrens och bifångst*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet AB; B2162).
- Farber, C.S., Costanza, R. & Wilson, M. (2002). Economic and ecological concepts for valuing

ecosystem services. *Ecological Economics* 41(3): (The Dynamics and Value of Ecosystem Services: Integrating Economic and Ecological Perspectives)

Hautakangas, S., Ollikainen, M., Aarnos, K. & Rantanen, P. (2013). Nutrient Abatement Potential and Abatement Cost of Waste Water Treatment Plants in the Baltic Sea Region. (Cost-efficient instruments for the Baltic Sea region).

Havs- och vattenmyndigheten,(2012). *God Havsmiljö 2020*. Göteborg: Havs- och Vattenmyndigheten.

Havs- och vattenmyndigheten,(2013). *Hanöbukten*. Göteborg: Havs-och vattenmyndigheten. Hanöbuktutredningen.

Heikinheimo, O. (2011). Interactions between cod, herring and sprat in the changing environment of the Baltic Sea: A dynamic model analysis *Ecological Modelling*.

HELCOM (2007). *Baltic Sea Action Plan, BSAP*. Helsingfors: Helsingforskommissionen; Baltic Sea Action Plan).

HELCOM (2011). *The Fifth Baltic Sea Pollution Load Compilation (PLC-5)*. Helsingfors: Helsingforskommissionen.

Hinrichsen, H.-H., Huwer, B., Makarchouk, A., Petereit, C., Schaber, M. & Voss, R. (2011). Climate-driven long-term trends in Baltic Sea oxygen concentrations and the potential consequences for eastern Baltic cod (*Gadus morhua*). *ICES Journal of Marine Science*.

ICES (2006). *ICES Advice 2006, Book 8. Copenhagen: International Council for the Exploration of the Sea*

Naturvårdsverket (2009). *Vad kan havet ge oss?* Stockholm: Naturvårdsverket; 5937.

Naturvårdsverket (2012a). *De svenska miljömålen, en introduktion* s. 18. In. Stockholm: Naturvårdsverket. ISBN 978-91-620-8619-0

Naturvårdsverket (2012b). *Sammanställd information om Ekosystemtjänster*. Stockholm: Naturvårdsverket; NV-00841-12).

Naturvårdsverket (2013). *Potentialen för hållbar återföring av fosfor från stallgödsel, slam och enskilda avlopp*. Stockholm: Naturvårdsverket. Hållbar återföring av fosfor.

Pouta, E., Rekola, M.K., Jari, Li, C.-Z. & Tahvonen, O. (2002). Willingness to pay in different policy-planning methods: insights into respondents' decision-making processes. *Ecological Economics* 40(2).

Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, J. A., Minorsky, P. V. & Jackson, R. B. (2008). *Biology* Global Edition. ed. San Francisco, United States of America: Pearson Education. (Biology; 9). ISBN 13: 9780321739759.

Resurs AB (2012a). *Ekonomiska och sysselsättningsmässiga effekter av turismen i Blekinge*. Blekinge, Sverige: Resurs AB. (TEM).

Resurs AB (2012b). *Ekonomiska och sysselsättningsmässiga effekter av turismen på Öland*. Kalmar, Sverige. (TEM).

Sandström M. (1996). *Recreational benefits from improved water quality: A random utility model of Swedish seaside recreation*. Stockholm: Stockholm School of Economics.

Spangenberg, J.H.S., Josef (2010). Precisely incorrect? Monetizing the value of ecosystem services. *Ecological Complexity*.

Stigebrandt, A. & Gustafsson, B.G. (2007). Improvement of Baltic Proper Water Quality Using Large-scale Ecological Engineering.

Stigebrandt, A., Liljebladh, B., Brabandere, L., Forth, M., Granmo, Å., Hall, P., Hammar, J., Hansson, D. (2013) *An experiment with Forced Oxygenation of the Deepwater of the Anoxic By Fjord, Western Sweden*. , Stockholm. Kungliga Vetenskapsakademien.

Thell, A.-K., Håkansson, J., Sipilä, S., Wesslander, K. & Yhlen, B. (2012). *Rapport från SMHI:s utsjöexpedition med KVB001 Poseidon*. SMHI, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut: Oceanografiska Laboratoriet.

Tomkiewicz, J., Lehmann, K.M. & St. John, M.A. (1998). Oceanographic influences on the distribution of Baltic cod, *Gadus morhua*, during spawning in the Bornholm Basin of the Baltic Sea. *Fisheries Oceanography*

Walker, B. & Salt, D. (2006). *Resilience Thinking- Sustaining Ecosystems and People in a Changing World How can landscapes and communities absorb disturbance and maintain function?*

Washington, United States of America: Island Press, The Center for Resource Economics. ISBN 1-59726-092-4.

Webbsidor

Centrum för Vindbruk (2012-09). *Så fungerar ett vindkraftverk*.

<http://vindkraft.bergvikskog.se/rrwp/wp-content/uploads/2012/09/Faktablad-så-fungerar-ett-vindkraftverk.pdf> [14-05-12].

Havsmiljöinstitutet (2013-07-01). *Havsmiljö*. <http://www.havsmiljoinstitutet.se/hav-och-samhalle/flodavrinning/>. [14-04-03].

SMHI (2014-01-14) *Syreförhållanden i havet*.

<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/syreforhallanden-i-havet-1.5155>. [14-04-29].

SYKE (2011-04-19) *Syresättningens effekter är starkt beroende av de lokala förhållandena*.

<http://www.syke.fi/> [14-05-01].

Östersjöportalen *Östersjöns säregenskaper*.

http://www.itameriportaali.fi/sv/tietoa/yleiskuvas/sv_SE/erityispiirteet/ [14-04-03].

Tjänster

Baltic Sea Hydrographic Commission (2013). Baltic Sea Bathymetry Database. In: *Baltic Sea Bathymetry Database version 0.9.3*. <http://data.bshc.pro/>: Baltic Sea Hydrographic Commission.

SCB (2014). In. [www.scb.se]: Statistiska Centralbyrån. [14-04-23].

Intervjuer

Jobs, P. (2014). FishYourDream, Gotland. 14-04-09

Larsson, J. (2014). Rädda Burgsviken, Gotland. 14-04-22

Tschernij, V. (2014). Fiskeindustri, Simrishamn. 14-04-04

Bilaga 1

Tabell över hur stort det ekonomiska värdet är för ett kilo spöfångad havsöring

Fångststatistik och ekonomisk kalkyl, april 2012

Antal fångade öringar	154 stycken
Snittvikt per fisk	2,5 kg
Total vikt, fångad fisk	385 kg
Antal betalande grupper	50 grupper
Medelantal, fångande fiskar per grupp	3 stycken
Kostnad för transport, per grupp	1 000 kr
Pris, per guideupplevelse	3 750 kr
Medelkostnad, mat och logi	3 000 kr
Medelantal, betalande gäster	4 personer
Total kostnad per guideupplevelse	16 750 kr
Total omsättning, 50 st. betalande grupper	837 500 kr
Kilopris per fångad fisk	2 175 kr
(Total omsättning/total vikt)	

(Statistik tagen 2014-04-09, medgivet av FishYourDream.)